

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS-BACHARELADO

MARILUCI PEREIRA

**VERTEBRADOS SILVESTRES ATROPELADOS EM RODOVIAS DO ENTORNO E
INTERIOR DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MORRO ALBINO E ESTEVES,
CRICIÚMA, SC**

CRICIÚMA
2019

MARILUCI PEREIRA

**VERTEBRADOS SILVESTRES ATROPELADOS EM RODOVIAS DO ENTORNO E
INTERIOR DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MORRO ALBINO E ESTEVES,
CRICIÚMA, SC**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado
para obtenção do grau de Bacharel no curso de
Ciências Biológicas da Universidade do
Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Dr. Jairo José Zocche

CRICIÚMA

2019

MARILUCI PEREIRA

**VERTEBRADOS SILVESTRES ATROPELADOS EM RODOVIAS DO ENTORNO E
INTERIOR DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MORRO ALBINO E ESTEVES,
CRICIÚMA, SC**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Ecologia de Estradas.

Criciúma, 26 de novembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Jairo José Zocche - Dr. - (UNESC) - Orientador

Prof. Fernando Carvalho -Dr. - (UNESC)

Prof. Jóri Ramos Pereira - MSc - (UNESC)

Dedico este trabalho a todas pessoas que contribuíram para a minha chegada até aqui. Em especial a minha mãe por todo amor, apoio e incentivo durante a minha vida acadêmica. Ao meu pai, que onde quer que esteja, tenho certeza que está orgulhoso de mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, aquele que sempre me manteve firme nos meus sonhos, me permitiu tantas oportunidades e me concedeu uma família maravilhosa que sempre me incentivou e me mostrou o verdadeiro valor da vida. Agradeço também pelas pedras no caminho, pelas dificuldades, pelos dias obscuros, pois tudo isso me tornou mais forte e me permitiu ser quem eu sou hoje.

Agradeço de todo meu coração a Margarette de Araújo Pereira minha mãe, a pessoa mais guerreira que eu conheço, aquela que foi mãe e pai ao mesmo tempo, sempre buscando o melhor pra mim. Por ela é que eu busco ser uma pessoa melhor todos os dias, por ela são todas as minhas vitórias e conquistas. Quero um dia poder retribuir tudo que a senhora fez e faz por mim. Eu te amo mãe!

Minhas irmãs Marilene e Marilane, que foram meus espelhos desde que me entendo por gente, minha admiração por vocês duas é gigantesca. Obrigada por terem cuidado de mim quando mais precisei. Ao meu irmão Kauã, por ser esse menino maravilhoso, que durante essa etapa, me fez sorrir com suas palhaçadas, mesmo nos dias mais difíceis e intermináveis, te amo demais.

Obrigada especial ao Clésio Cequinel meu padrasto, que adorava perguntar quantos bichos eu havia encontrado atropelado, e com seu conhecimento empírico por várias vezes me ajudou a identificar algumas espécies. Obrigada pela preocupação e disposição em sempre ajudar.

E esse agradecimento é muito especial, inclusive se fosse em nível de ajuda nesse trabalho, estaria entre os primeiros. Esse trabalho teve grande contribuição do meu companheiro, Artur Vitali Michels. Ele que me ajudou desde o início, desde me aguentar falando e reclamando da correria que estava o semestre, me aturou vinte e duas vezes, perguntando “Meu amor, vamos fazer minha amostragem hoje?”, abriu mão de vários finais de semana para me ajudar, fez inúmeras revisões nesse trabalho, assim como me apresentou e me ensinou com muita paciência (muita mesmo), umas das coisas que mais gosto de fazer atualmente, trabalhar com geoprocessamento. Serei eternamente grata pela ajuda e por todo ensinamento!

E não poderia deixar de agradecer a minha melhor amiga da vida, que sempre me apoiou em tudo, sempre esteve presente em todos os momentos da minha vida e principalmente que suportou minha ausência durante essa etapa,

ouvindo vários “ amiga, hoje não posso tenho que fazer o TCC”, mas que sempre me entendeu e nunca me deixou desanimar. Obrigada amiga!

Por fim, agradeço ao meu professor e orientador Jairo José Zocche, que desde o princípio se mostrou atencioso e muito solícito com tudo que precisei, ele que quando eu já não sabia mais o que fazer, chegou com esse tema, até então estranho pra mim, mas logo de cara aceitei o desafio sem saber muito como seria, e realmente amei trabalhar com Ecologia de Estradas. Obrigada Jairo, pelo profissional que você é, por todo auxílio, aprendizado repassado e paciência. E principalmente por confiar em mim e me dizer que tudo iria dar certo. Gratidão eterna!

E não menos importante, agradeço imensamente pela ajuda de alguns profissionais que são espelho para mim, futuros colegas de profissão, que não mediram esforços para me ajudar, sem vocês esse trabalho não seria o mesmo! Aos biólogos Luiz Fernando Ugioni, por ser essa cara fera dos "sapinhos", João Gava pela identificação das aves e a Karoline Ceron pela identificação das serpentes.

Agradeço também aos meus colegas de trabalho e biólogos preferidos, Filipe Patel e Renato Colares por serem esses super colegas de trabalho, por sempre me ajudarem em tudo e pelas milhares de risadas proporcionadas mesmo nos dias mais estressantes. Em especial ao Renato agradeço por sua grande contribuição neste trabalho na parte estatística e pelos truques no word que salvaram minha vida, obrigada por todas as explicações e por sempre ser essa pessoa tão solícita.

A todos os professores e colegas de graduação que passaram durante a minha vida e somaram para o meu conhecimento adquirido até aqui. Em especial a banca convidada por aceitarem o meu convite e serem exemplos de profissionais para mim.

Gratidão a todos!

"Eu costumava acreditar que os maiores problemas ambientais eram a perda da biodiversidade, as mudanças climáticas e o colapso do ecossistema.

Eu pensava que com 30 anos de avanços científicos resolveríamos estes problemas

Mas eu estava errado...

Os maiores problemas ambientais são o egoísmo, a ganância e a indiferença...

...e para lidar com esses problemas, precisamos de uma transformação cultural e espiritual da população

e nós cientistas não sabemos como fazer isso."

Gus Speth

RESUMO

O atropelamento de fauna silvestre em rodovias é considerado uma das principais ameaças a biodiversidade. Estima-se que cerca de 473 milhões de animais são vítimas de atropelamentos por ano nas estradas brasileiras. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo levantar dados sobre a composição em espécies de vertebrados atropelados em rodovias no entorno e interior de uma Área de Proteção Ambiental – APA do município de Criciúma, sul de Santa Catarina. O estudo foi realizado em sete rodovias que contornam ou cortam a APA Morro Albino e Esteves, a qual possui um dos ambientes mais conservados do perímetro urbano do município de Criciúma. A APA abriga grande parte da biota da região, evidenciando assim a importância de estudos que quantifiquem os atropelamentos da fauna que utilizam tal área. As amostragens iniciaram em outubro de 2018, se estendendo até agosto de 2019, abrangendo um trecho total de 64,2 km o qual foi monitorado duas vezes ao mês, com intervalo de 15 dias entre as amostragens, resultando em 1412,40 km, percorridos em 22 dias. As rodovias foram percorridas de carro, com velocidade entre 40 e 50 km/h. Para cada animal encontrado foi registrada coordenada em UTM e foi feito o registro fotográfico da carcaça. A identificação taxonômica foi realizada ao menor nível taxonômico possível, com auxílio de guias e especialistas de cada grupo. Foi utilizado o *software* SIRIEMA 2.0 para a espacialização dos atropelamentos nas rodovias, assim como para a definição dos locais com maiores incidências de atropelamentos e para a verificação da ocorrência de agregações de atropelamentos. A relação entre paisagem e a ocorrência de agregações de atropelamentos foi avaliada por meio da geração de mapa temático do uso e cobertura da terra no *software* ArcGis 10.2. Ao término das 22 amostragens, foram contabilizados 237 indivíduos atropelados, pertencentes a 45 espécies. O grupo dos mamíferos foi o mais representativo ($n = 109$), seguido de aves ($n = 85$), e em menor número anuros ($n = 21$) lagartos e serpentes ($n = 15$) e tartaruga ($n = 1$). O Gênero *Didelphis* foi o mais atropelado ($n = 63$). Cabe destacar que devido a deterioração de alguns indivíduos encontrados ($n = 6$) esses não puderam ser identificados em nível de classe. Foi possível verificar a existência de agregações (*hotspots*) para todas as rodovias, principalmente em locais com vegetação, atividades de agricultura e área urbanizada no entorno. Este é um dos primeiros estudos realizados se tratando do atropelamento de animais silvestres nas rodovias que contornam e cortam uma unidade de conservação no município de Criciúma. Diante do exposto, os resultados mostrados nesse estudo são importantes, pois, são capazes de subsidiar políticas de gestão destas rodovias, de maneira que possam diminuir os atropelamentos da fauna silvestre da região, contribuindo assim com a conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: Ecologia de estradas. Áreas Protegidas. Conservação. *Hotspots*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Localização da Área de Proteção Ambiental Morro Albino e Esteves inserida no município de Criciúma e das rodovias estudadas..... | 22 |
| Figura 2 - Percurso realizado nas estradas do entorno e interior da APA Morro Albino e Esteves, no monitoramento de animais silvestres atropelados entre outubro de 2018 e agosto de 2019..... | 24 |
| Figura 3 – Proporção dos atropelamentos por grupos taxonômicos por rodovia dos dados coletados em rodovias que cortam e contornam a APA Morro Albino e Esteves entre outubro de 2018 e agosto de 2019..... | 37 |
| Figura 4 – Similaridade entre as rodovias, obtido a partir do Índice de Similaridade de Morisita-Horn (Imh) com dados de riqueza e abundância. | 39 |
| Figura 5 – Variação média da precipitação pluviométrica e temperatura entre outubro de 2018 e agosto de 2019 na região de estudo. | 40 |
| Figura 6 – Correlação entre temperatura e taxa de atropelamentos para anuros, lagartos e serpentes, aves, mamíferos, Gênero <i>Didelphis</i> e dados totais de vertebrados silvestres atropelados em rodovias que cortam e contornam a APA Morro Albino e Esteves entre outubro de 2018 e agosto de 2019..... | 41 |
| Figura 7 – Correlação entre precipitação pluviométrica e taxa de atropelamentos para anuros, lagartos e serpentes, aves, mamíferos, Gênero <i>Didelphis</i> e dados totais de vertebrados silvestres atropelados em rodovias que cortam e contornam a APA Morro Albino e Esteves entre outubro de 2018 e agosto de 2019..... | 42 |
| Figura 8 – Mapa de uso e cobertura da terra, abrangendo a área total da APA e rodovias monitoradas com <i>Buffer</i> de 200 metros de raio para ambos os lados de cada rodovia percorrida..... | 44 |
| Figura 9 – Teste 2D <i>hotspot</i> evidenciando locais com agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres na rodovia Governador Jorge Lacerda. | 46 |
| Figura 10 – Locais de agregação de atropelamentos de vertebrados silvestres e as classes de uso e cobertura da terra mapeadas para a área de <i>buffer</i> da rodovia Governador Jorge Lacerda..... | 47 |
| Figura 11 – Teste 2D <i>hotspot</i> evidenciando locais com agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres na rodovia Governador Mario Covas (BR 101)..... | 49 |

| | |
|--|----|
| Figura 12 – Locais de agregação de atropelamentos de vertebrados silvestres e as classes de uso e cobertura da terra mapeadas para a área de <i>buffer</i> da rodovia Governador Mario Covas (BR101)..... | 50 |
| Figura 13 – Teste 2D <i>hotspot</i> evidenciando locais com agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres na rodovia Luiz Rosso..... | 52 |
| Figura 14 - Locais de agregação de atropelamentos de vertebrados silvestres e as classes de uso e cobertura da terra mapeadas para a área de <i>buffer</i> da rodovia Luiz Rosso. | 53 |
| Figura 15 – Teste 2D <i>hotspot</i> evidenciando locais com agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres na rua Pedro Dal Toé..... | 55 |
| Figura 16 - Locais de agregação de atropelamentos de vertebrados silvestres e as classes de uso e cobertura da terra mapeadas para a área de <i>buffer</i> da rua Pedro Dal Toé..... | 56 |
| Figura 17 – Teste 2D <i>hotspot</i> evidenciando locais com agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres na rodovia Governador Aristides Bolan (Via Rápida)..... | 58 |
| Figura 18 - Locais de agregação de atropelamentos de vertebrados silvestres e as classes de uso e cobertura da terra mapeadas para a área de <i>buffer</i> da rodovia Governador Aristides Bolan (Via Rápida)..... | 59 |
| Figura 19 – Teste 2D <i>hotspot</i> evidenciando locais com agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres nas rodovias Alexandre Beloli e Antônio Darós..... | 61 |
| Figura 20 - Locais de agregação de atropelamentos de vertebrados silvestres e as classes de uso e cobertura da terra mapeadas para a área de <i>buffer</i> das rodovias Alexandre Beloli e Antônio Darós..... | 62 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Descrição das classes utilizadas para a classificação de uso e cobertura da terra na área de estudo. | 26 |
| Tabela 2 – Número mensal de atropelamentos por táxon, número total de atropelamentos por grupo taxonômico e Índice de Constância de Ocorrência (ICO) registrados em rodovias que cortam e contornam a APA Morro Albino e Esteves entre outubro de 2018 e agosto de 2019. | 31 |
| Tabela 3 – Taxa de atropelamentos (número de indivíduos/km/dia) por rodovia monitorada e por grupo taxonômico durante as amostragens no período de outubro de 2018 a agosto de 2019..... | 38 |
| Tabela 4 – Valores do coeficiente de determinação (R^2) e valores de significância (p) para todos os grupos analisados..... | 41 |
| Tabela 5 – Distribuição do Uso e Cobertura da Terra, abrangendo a área total da APA e rodovias monitoradas com <i>Buffer</i> de 200 metros para ambos os lados de cada rodovia percorrida..... | 43 |
| Tabela 6 – Distribuição das classes de uso e cobertura da terra na área de <i>buffer</i> da rodovia Governador Jorge Lacerda..... | 45 |
| Tabela 7 – Distribuição das classes de uso e cobertura da terra na área de <i>buffer</i> da rodovia Governador Mario Covas (BR 101). | 48 |
| Tabela 8 – Distribuição das classes de uso e cobertura da terra na área de <i>buffer</i> da rodovia Luiz Rosso..... | 51 |
| Tabela 9 – Distribuição das classes de uso e cobertura da terra na área de <i>buffer</i> da rua Pedro Dal Toé..... | 54 |
| Tabela 10 – Distribuição do Uso e Cobertura da Terra na rodovia Aristides Bolan (Via Rápida) (<i>Buffer</i> de 200 m de raio)..... | 57 |
| Tabela 11 – Distribuição das classes de uso e cobertura da terra na área de <i>buffer</i> das rodovias Alexandre Beloli e Antônio Darós..... | 60 |

LISTA DE APÊNDICES

| | |
|--|----|
| APÊNDICE A – Informações e características das rodovias monitoradas no período de outubro de 2018 a agosto de 2019..... | 78 |
| APÊNDICE B - Modelo de Planilha utilizada em campo para o registro dos animais atropelados durante monitoramento no período de outubro de 2018 a agosto de 2019. | 79 |
| APÊNDICE C – Registros fotográficos dos vertebrados silvestres atropelados, catalogados durante o período do estudo. Sendo: 1 - Vista geral de um dos trechos estudados, registrando a espécie <i>Coendou Spinosus</i> ; 2 - <i>Cerdocyon thous</i> ; 3 - <i>Didelphis albiventris</i> ; 4 - <i>Passer domesticus</i> ; 5 – <i>Artibeus lituratus</i> ; 6 – <i>Salvator merianae</i> ; 7 – <i>Rhinella icetrica</i> ; 8 - <i>Helicops carinicaudus</i> | 80 |
| APÊNDICE D – Pontos de validação para do uso e cobertura da terra. | 81 |
| APÊNDICE E – Registros dos pontos de validação para do uso e cobertura da terra, evidenciando as classes: 1 – Agricultura; 2 - Pastagem; 3 - Florestal; 4 – Silvicultura; 5 – Área Descoberta; 6 – Área Construída; 7 – Massa d'água; 8 – Caminho percorrido. | 82 |
| APÊNDICE F – Teste 2D Ripley para análise dos dados totais de atropelamentos em cada rodovia. Sendo: A - Rod. Governador Jorge Lacerda; B – BR-101; C – Rod. Luiz Rosso; D – Rua Pedro Dal Toé; E – Via Rápida; F - Rod. Antônio Darós e Alexandre Beloli. | 83 |
| APÊNDICE G – Teste 2D Ripley para análise dos atropelamentos exceto Gênero <i>Didelphis</i> para cada rodovia. Sendo: A - Rod. Governador Jorge Lacerda; B – BR-101; C – Rod. Luiz Roso; D – Rua Pedro Dal Toé; E – Via Rápida; F - Rod. Antônio Darós e Alexandre Beloli. | 84 |
| APÊNDICE H – Teste 2D Ripley para análise das aves em cada rodovia, apresentaram Limite superior ao intervalo de confiança. Sendo: A - Rod. Governador Jorge Lacerda; B – BR-101; C – Rod. Luiz Roso; D – Rua Pedro Dal Toé; E – Via Rápida; F - Rod. Antônio Darós e Alexandre Beloli..... | 85 |
| APÊNDICE I – Teste 2D Ripley para análise de mamíferos em cada rodovia. Sendo: A - Rod. Governador Jorge Lacerda; B – BR-101; C – Rod. Luiz Roso; D – Rua Pedro Dal Toé; E – Via Rápida; F - Rod. Antônio Darós e Alexandre Beloli..... | 86 |

| | |
|--|----|
| APÊNDICE J – Espacialização dos locais de agregação (<i>hotspots</i>) no uso e cobertura da terra para os dados totais de vertebrados..... | 87 |
| APÊNDICE K – Espacialização dos locais de agregação (<i>hotspots</i>) no uso e cobertura da terra para os dados com exclusão de <i>Didelphis</i> | 88 |
| APÊNDICE L – Espacialização dos locais de agregação (<i>hotspots</i>) para aves no uso e cobertura da terra para rodovias que apresentaram agregação. | 89 |
| APÊNDICE M – Espacialização dos locais de agregação (<i>hotspots</i>) para mamíferos no uso e cobertura da terra para rodovias que apresentaram agregação..... | 90 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------|---|
| APA | Área de Proteção Ambiental |
| CBEE | Centro Brasileiro de Ecologia de Estradas |
| ESA | <i>European Space Agency</i> |
| FODTB | Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas |
| FODS | Floresta Ombrófila Densa Submontana |
| GPS | <i>Global Positioning System</i> |
| ICO | Índice de Constância de Ocorrência |
| Imh | Índice de Morisita-Horn |
| IPARQUE | Parque Científico e Tecnológico |
| IUCN | <i>International Union for Conservation of Nature</i> |
| MMA | Ministério do Meio Ambiente |
| MRLS | Modelos de regressão linear simples |
| MSI | <i>Multi-Spectral Instrument</i> |
| NI | Não Identificado |
| SIRGAS | Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas |
| SIRIEMA | <i>Spatial Evaluation of Road Mortality Software</i> |
| USGS | Serviço Geológico dos Estados Unidos |
| UC | Unidade de Conservação |
| UTM | Universal Transversa de Mercator |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 16 |
| 2 OBJETIVOS..... | 20 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL | 20 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 20 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 21 |
| 3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 21 |
| 3.2 PROCEDIMENTOS AMOSTRAIS..... | 23 |
| 3.2.1 Monitoramento dos atropelamentos..... | 23 |
| 3.2.2 Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra | 25 |
| 3.2.4 Dados climáticos | 26 |
| 4 ANÁLISE DOS DADOS | 27 |
| 5 RESULTADOS..... | 30 |
| 5.1 MONITORAMENTO DOS ATROPELAMENTOS | 30 |
| 5.3 VARIÁVEIS CLIMATICAS | 39 |
| 5.4 MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA..... | 43 |
| 5.4 ANÁLISE ESPACIAL DOS <i>HOTSPOTS</i> DE ATROPELAMENTOS | 45 |
| 5.4.1 Rodovia Governador Jorge Lacerda..... | 45 |
| 5.4.2 Governador Mario Covas (BR 101) | 48 |
| 5.4.3 Rodovia Luiz Rosso | 51 |
| 5.4.4 Rua Pedro Dal Toé | 54 |
| 5.4.5 Rodovia Governador Aristides Bolan (Via Rápida) | 57 |
| 5.4.6 Rodovias Alexandre Beloli e Antônio Darós..... | 60 |
| 6 DISCUSSÃO | 63 |
| 7 CONCLUSÃO | 69 |
| REFERÊNCIAS..... | 70 |
| APÊNDICE(S)..... | 77 |

1 INTRODUÇÃO

As infraestruturas viárias exercem papel fundamental no desenvolvimento econômico e social de um país, visto que essas servem principalmente para transporte de pessoas e mercadorias (BANDEIRA; FLORIANO, 2004), facilitando assim o acesso a diversos recursos (PERZ *et al.*, 2007). Apesar de todo desenvolvimento proporcionado, essas infraestruturas também causam impactos ambientais negativos, resultantes da alteração de ecossistemas (PERZ *et al.*, 2007).

Os efeitos das estruturas viárias sobre o ambiente natural, incluem fragmentação, perda de habitat, efeito de borda, introdução de espécies exóticas, alteração do comportamento animal, alterações físico-químicas do ambiente e colisão da fauna silvestre com veículos (TROMBULAK; FRISSELL, 2000; SÁNCHEZ, 2008; FONSECA, 2014). Facilitam ainda, acesso as populações humanas, oferecendo um risco de desmatamento, extração de madeira, caça e ainda a atração de assentamentos humanos (WEISS; VIANNA, 2012).

As colisões com veículos se configuram como um dos principais impactos para a fauna silvestre, podendo superar o número da morte provocado por caça (FORMAN; ALEXANDER, 1998). Presença de alimentos na pista, estradas que cortam o habitat de espécies (LIMA; OBARA, 2004), a velocidade e fluxo de veículos, caracterização da paisagem e modo como cada grupo de animal se comporta (FORMAN *et al.*, 2003; MATTIA, 2016), são alguns dos fatores determinantes para a ocorrência de colisões.

O número de colisões entre veículos e a fauna, é um problema não apenas para a biologia da conservação, mas também para a segurança no trânsito. Principalmente devido o desencadeamento de acidentes graves com riscos a vida humana, assim como para a economia, em consequência dos altos custos econômicos dessas colisões. Em alguns países a segurança viária é a principal motivação para a implantação de medidas mitigadoras de acidentes com fauna (SEILER, 2005; HUIJSER *et al.*, 2009).

Os primeiros estudos relacionados com os impactos das estradas sobre a fauna, foram iniciados em meados de 1920 (SPIKER, 1927; KOMAREK; WRIGHT, 1929; COTTAM, 1931), embora não muito aprofundados e sem muito rigor científico. A partir de 1980 foi publicado o primeiro trabalho sobre ecologia de rodovias no Brasil (NOVELLI; TAKASE; CASTRO, 1988), desencadeando posteriormente mais

trabalhos (BAGER *et al.*, 2007). Nos últimos anos número em nível nacional vem crescendo, entretanto, com maior interesse na identificação de espécies e na quantificação de indivíduos atropelados (BAGER *et al.*, 2007).

A percepção da extensão dos danos causados a fauna silvestre, pela implantação de rodovias, fez com que surgisse um novo campo de estudos a Ecologia de Estradas. O foi utilizado pela primeira vez em 1981 (VAN DER REE *et al.*, 2011), sendo considerado como um ramo da ecologia aplicada que busca as relações das instalações das estruturas viárias com a biodiversidade, envolvendo estudos diretamente com a estrutura de paisagem e a ecologia de populações e comunidades. Surgindo assim, como um auxílio para implantação e gestão dessas estruturas, levando em conta, o cunho técnico-científico (ROEDENBECK *et al.*, 2007; BAGER; FONTOURA, 2012).

No Brasil, estimativas trazem que mais de 470 milhões de animais silvestres são mortos por ano nas rodovias. Sendo que grande parte destes animais são pequenos vertebrados, seguindo de vertebrados de médio porte e em menor escala os de grande porte (CBEE, 2019). Fischer (1997) assinala que, muitos animais não morrem no momento da colisão, se movimentando para além da pista de rodagem, para o acostamento ou mesmo para o seu habitat, morrendo posteriormente, os quais não são registrados nos estudos, o que faz com que os números reais de morte de animais silvestres por atropelamentos sejam muito maiores do que aqueles registrados.

Diante do exposto, nos últimos anos, a mortalidade da fauna silvestre, vem ganhando mais atenção, estando relacionada a alguns fatores como o crescente aumento no número de atropelamentos, expansão da rede viária e aumento do fluxo de veículos, ou ainda relacionados a exigências de estudos pelos órgãos ambientais, assim como o aumento do interesse em trabalhos científicos relacionados ao tema (GUIMARÃES, 2017).

Esses atropelamentos causam efeitos negativos sobre a biodiversidade, afetando principalmente a redução das populações, reduzindo a diversidade genética e aumentando o risco de extinção das espécies de forma local (BALKENHOL; WAITS, 2009; JACKSON; FAHRIG, 2011). Podem ainda desencadear um ciclo com animais carniceiros que a partir do momento que identificam uma carcaça e passam a se alimentar dessa podem acabar provocando a colisão com veículos (CBEE, 2019).

Em se tratando de áreas antropizadas, os efeitos negativos dos atropelamentos são significativos e quando se pensa em áreas conservadas os efeitos tornam a situação ainda mais preocupante. Estruturas viárias, quando implantadas próximas ou no interior de áreas protegidas, precisam de medidas especiais, para que venham ao encontro ao objetivo das Unidades de Conservação (UC), que é a conservação da biodiversidade (BAGER *et al.*, 2016).

De maneira geral, os animais silvestres são frágeis às perturbações das rodovias, e o fato de estarem dentro das UCs, não necessariamente os torna mais protegidos (AMENT *et al.*, 2008). Rodovias ocasionam perturbações à fauna silvestre e modificam a dinâmica populacional, devendo-se evitar a implantação destas, principalmente em áreas protegidas (FORMAN; DUBLINGER, 2000).

Existem algumas maneiras de amenizar os impactos das infraestruturas viárias sobre os atropelamentos de animais, podendo ser aplicadas medidas mitigadoras para minimizar o problema. Passagens subterrâneas, placas sinalizadoras, cercas, entre outras, acabam facilitando de forma segura a passagem da fauna (ABRA, 2012). Outra forma eficaz é através da educação ambiental, com disposição de placas informativas, implantação de redutores de velocidade e fiscalização eletrônica em pontos mais críticos de atropelamentos (PRADA, 2004).

Nesse contexto, para uma eficácia na adoção destas medidas, os locais de implantação das mesmas precisam ser adequados, ressaltando-se a importância de monitoramentos de fauna atropelada e identificação espacial de trechos com maiores agregações de mortalidade, qualificando assim o planejamento a adoção das medidas de mitigação (COELHO, I; KINDEL; COELHO, A, 2008; TEIXEIRA, 2011). O uso das ferramentas de geotecnologias como SIG's e Sensoriamento Remoto, são extremamente importantes e vêm sendo utilizadas de maneira bastante eficaz na análise da distribuição de atropelamento em rodovias. Essas ferramentas são empregadas principalmente para mapeamento do uso e cobertura da terra, a fim de analisar a relação da paisagem circundante com as informações geográficas dos atropelamentos (GUIMARÃES, 2017).

Poucos estudos envolvendo atropelamentos de animais nas infraestruturas viárias para a região sul de Santa Catarina foram desenvolvidos. Excetuando-se os trabalhos de Mattia (2016), que registrou o atropelamento de animais silvestres em rodovias do sul catarinense entre Criciúma e São Joaquim, Mattia; Carvalho e Zocche (2016) que quantificaram a riqueza e a abundância de

aves afetadas por atropelamentos na SC-446 no trecho Criciúma – Orleans e na SC-390 no trecho Orleans – São Joaquim e Zocche *et al.* (no prelo) que inventariaram os atropelamentos de animais silvestres em rodovias do extremo sul de Santa Catarina, relacionando-os às características da paisagem.

Diante do exposto, pouco se sabe sobre os atropelamentos de animais silvestres na região, tornando-se necessária a realização de estudos adicionais. Considerando-se que a APA Morro Albino e Esteves, é uma UC importante para a biota da região, foi realizado o monitoramento da fauna atropelada nas rodovias do entorno e interior da área, a fim de acessar dados e contribuir para a adoção de medidas de conservação da fauna silvestre presente na região.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Acessar dados sobre a composição de espécies de vertebrados silvestres atropelados, assim como, relacionar os atropelamentos a estrutura da paisagem de rodovias do entorno e interior da APA Morro Albino e Esteves, extremo sul de Santa Catarina.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer a riqueza e a taxa de atropelamento da fauna silvestre atropelada ao longo das rodovias que contornam e cortam a APA Morro Albino e Esteves;
- Verificar o *status* de conservação das espécies atropeladas nas rodovias que contornam e cortam a APA Morro Albino e Esteves;
- Avaliar a similaridade na riqueza e abundância de animais atropelados entre as rodovias estudadas que contornam e cortam a APA Morro Albino e Esteves;
- Analisar a influência da temperatura e precipitação pluviométrica nos atropelamentos da fauna silvestre registrados nas rodovias que contornam e cortam a APA Morro Albino e Esteves;
- Identificar a ocorrência de *hotspots* de atropelamentos de vertebrados silvestres e relacionar com a paisagem encontrada na APA Morro Albino e Esteves e entorno das rodovias monitoradas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

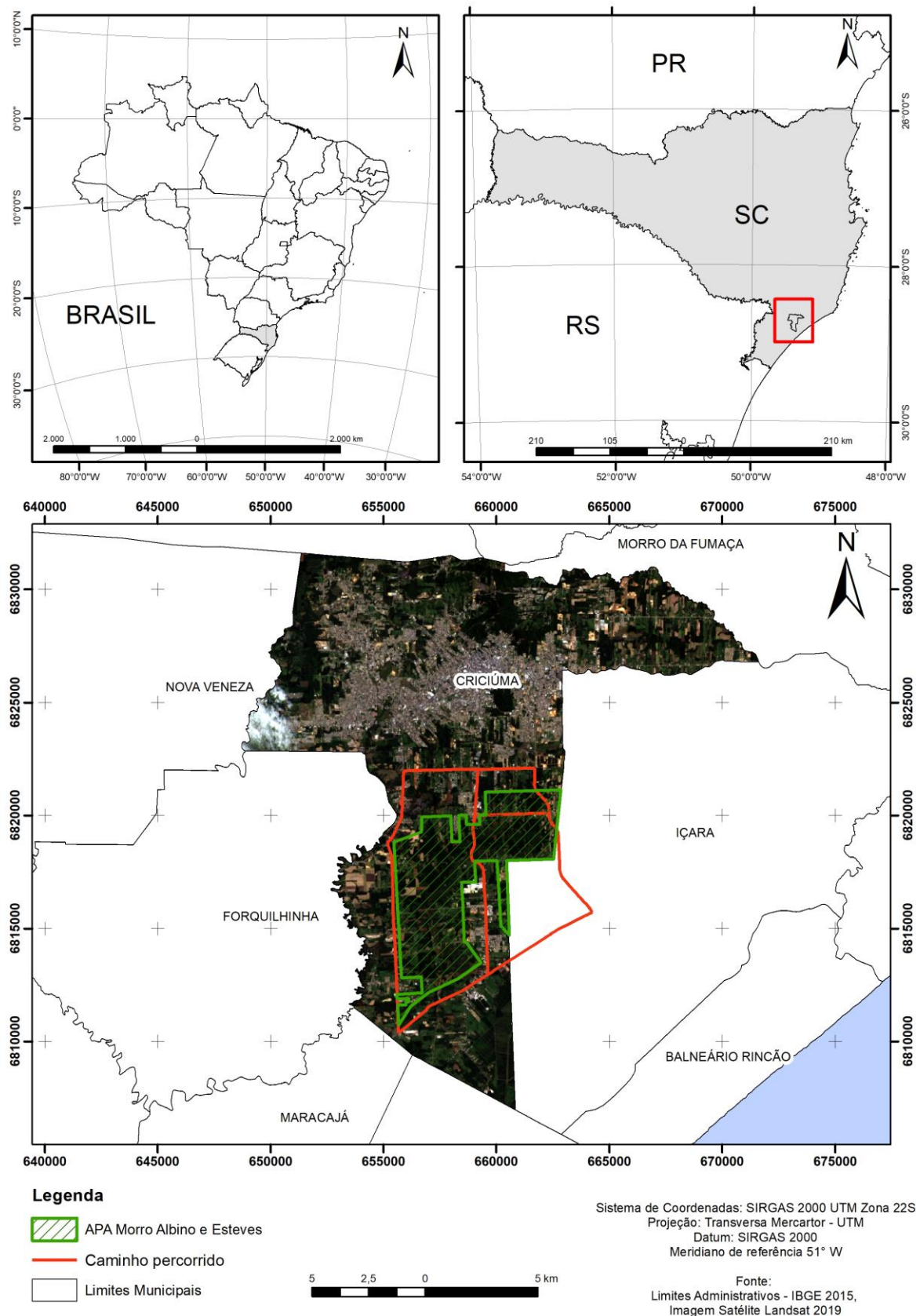
A Área de Proteção Ambiental Morro Albino e Esteves é uma Unidade de Conservação (UC) instituída por meio da Lei Complementar nº 2459/1990. Com objetivo de proteger o meio ambiente, as nascentes e olhos d'água, as matas nativas e a sua fauna, as sub-bacias do rio Sangão e rio dos Porcos, assim como assegurar a qualidade de vida da população humana (CRICIÚMA, 1990).

A APA encontra-se totalmente inserida no perímetro do município de Criciúma (Figura 1), abrangendo uma área total de 3452,28 ha e cerca de 70% dessa está incluída no perímetro rural do município (UNESC, no prelo).

No presente estudo foi realizado o levantamento da fauna vítima de atropelamento em seis rodovias do entorno e interior da APA, além de uma rua pavimentada que passa no interior da UC conforme (Figura 2). Informações e características das estradas monitoradas encontram-se detalhadas no APÊNDICE A.

A região de estudo encontra-se inserida no bioma Mata Atlântica, sendo composta por duas formações florestais, a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (FODTB) e a Floresta Ombrófila Densa Submontana (FODS) (IBGE, 2012). O clima, segundo a classificação climática de Köppen desenvolvida para o território brasileiro por Alvares *et al.* (2014), é do tipo subtropical úmido, sem estação seca definida e com verões quentes (Cfa). As temperaturas médias anuais variam de 17,0 a 19,3 °C e a precipitação pluviométrica de 1.220 a 1.660 mm anuais (ALVARES *et al.*, 2014).

Figura 1 - Localização da Área de Proteção Ambiental Morro Albino e Esteves inserida no município de Criciúma e das rodovias estudadas.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

3.2 PROCEDIMENTOS AMOSTRAIS

3.2.1 Monitoramento dos atropelamentos

As amostragens iniciaram em outubro de 2018 e se estenderam até agosto de 2019, contemplando uma extensão viária total de 64,2 km. O monitoramento ocorreu duas vezes ao mês, com intervalo de 15 dias entre as amostragens, totalizando 1412,40 km percorridos em 22 dias. A unidade amostral foi considerada como sendo o mês, contabilizando assim 11 unidades amostrais.

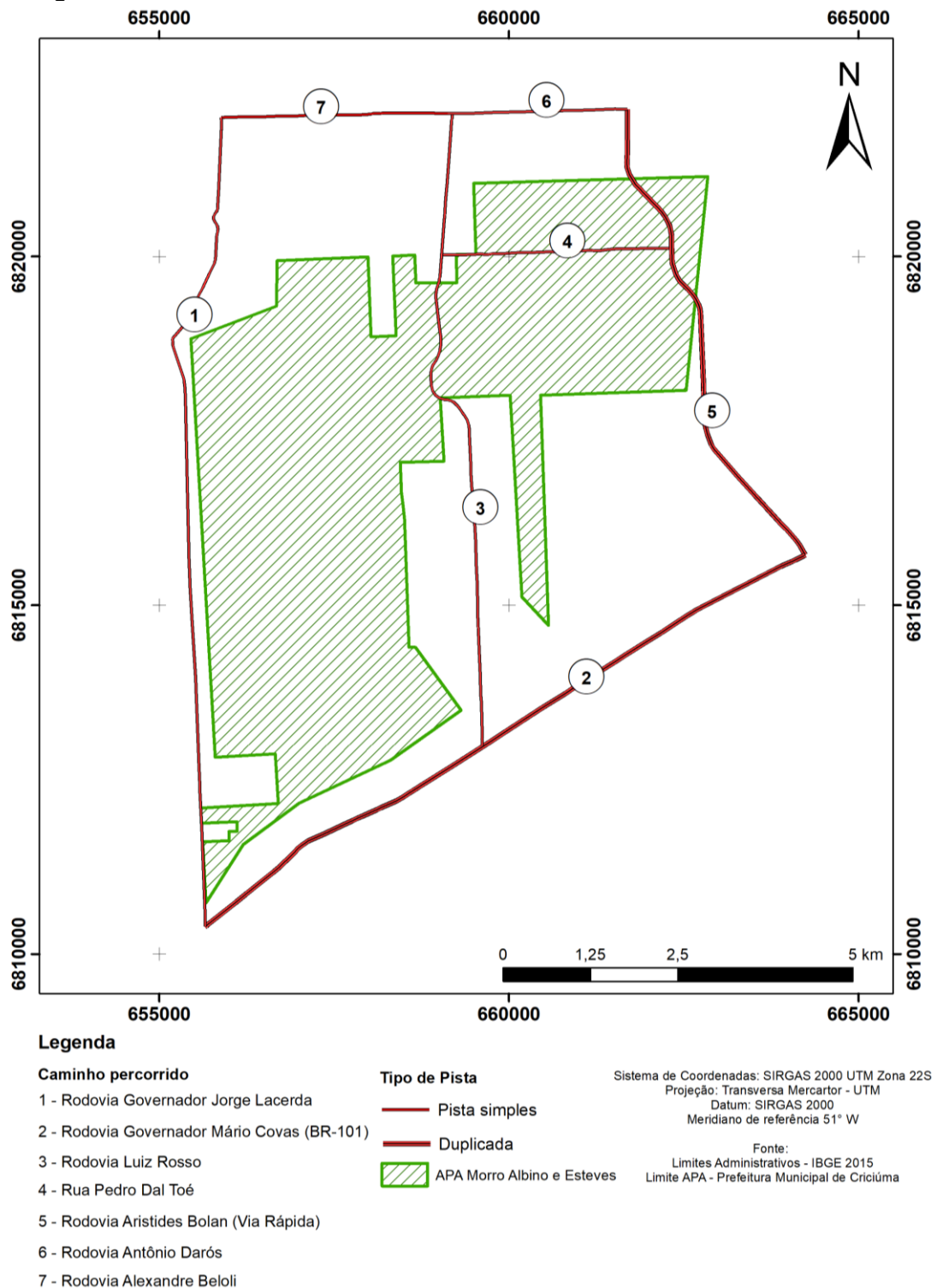
O percurso foi padronizado, sendo que a primeira rodovia a ser monitorada em todas as amostragens foi a rodovia Jorge Lacerda e a última a Alexandre Beloli (Figura 2). As rodovias foram percorridas de carro, com velocidade entre 40 e 50 km/h e em todas as amostragens contou-se com a presença de dois observadores, sendo um o motorista.

Para cada animal encontrado foram anotados em planilha de campo os dados referentes aos pontos de localização das carcaças, através do sistema de referência SIRGAS 2000 na projeção UTM, aferidas ao GPS de mão com precisão de mínima três metros. Dentre outras informações conforme APÊNDICE B. Posteriormente foi realizado o registro fotográfico e retirada a carcaça da pista de rodagem ou acostamento a fim de evitar recontagem nas amostragens subsequentes.

A identificação taxonômica foi realizada ao menor nível taxonômico possível. Quando não identificados em campo, as imagens foram encaminhadas para especialistas dos respectivos grupos taxonômicos, para que fossem feitas as identificações.

Os *taxa* foram identificados com auxílio de guias de campo disponíveis para anuros (IZECKSOHN; CARVALHO-E-SILVA, 2001; LOEBMANN, 2005; DEIQUES *et al.*, 2007); lagartos e serpentes (FREITAS, 2003; FREITAS; SANTOS-SILVA, 2006; DEIQUES *et al.*, 2007); aves (SICK, 1997; DE LA PEÑA; RUMBOLL, 1998) e; mamíferos (EMMONS; FEER, 1997; CANEVARI; VACCARO, 2007). A nomenclatura taxonômica seguiu: Paglia *et al.* (2012) para mamíferos; Piacentini *et al.* (2015) para aves; Segala *et al.* (2016) para anuros e; Costa; Bernelis (2018) para lagartos e serpentes.

Figura 2 - Percurso realizado nas estradas do entorno e interior da APA Morro Albino e Esteves, no monitoramento de animais silvestres atropelados entre outubro de 2018 e agosto de 2019.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

O *status* de conservação das espécies foi verificado conforme a lista das espécies ameaçadas de extinção: da *The International Union for Conservation of Nature – The IUCN Red List of Threatened Species* (IUCN, 2019), e listagens oficiais de espécies ameaçadas em nível nacional do Ministério do Meio Ambiente do Brasil (MMA, 2014), e estadual do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA, 2011).

3.2.2 Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra

Para análise espacial dos atropelamentos foi elaborado mapa de uso e cobertura da terra, em toda porção da APA Morro Albino e Esteves, assim como nas rodovias de estudo, sendo delimitados 200 m de *buffer* para ambos os lados de cada rodovia percorrida.

Foi utilizada imagem de 10 m de resolução espacial do sensor MSI (*Multi-Spectral Instrument*) da missão Sentinel 2 da ESA (*European Space Agency*), a qual foi obtida no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), disponível no endereço eletrônico <https://earthexplorer.usgs.gov/>. A escolha da imagem foi baseada na menor interferência de nuvens possível na data de aquisição mais próxima ao período de tempo do monitoramento, sendo o arquivo base escolhido para análise datado de 30/04/2019, na órbita 38. O *software* utilizado para processamento da imagem e elaboração do mapa temático foi o ArcGis 10.2.1 ® (ESRI, 2013).

Tendo em vista a importância de um maior nível de detalhamento e confiabilidade dos resultados, a classificação foi realizada pelo método de fotointerpretação visual em composição RGB-432. Para a caracterização do uso e cobertura da terra, foram criadas oito classes (Tabela 1). Os corpos d'água compreendidos no mapa temático, foram adquiridos da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS) obtidos no endereço eletrônico <http://sigsc.sds.sc.gov.br/>. Para massas d'água foi realizada validação através da fotointerpretação, enquanto os cursos d'água apenas foram plotados não sendo incluídos em nenhuma classe de mapeamento.

Tabela 1 – Descrição das classes utilizadas para a classificação de uso e cobertura da terra na área de estudo.

| Classes de Uso e Cobertura | Descrição |
|-----------------------------------|--|
| Florestal | Vegetação arbórea. |
| Agricultura | Cultivos agrícolas (arroz, feijão, banana, milho, fumo). |
| Área construída | Construções civis em áreas rurais, aglomerados urbanos. |
| Área descoberta | Solo sem presença de cobertura vegetal. |
| Pastagem | Campo antrópico, vegetação ruderal e áreas de cultivo abandonadas. |
| Massa d'água | Massa d'água naturais e artificiais. |
| Silvicultura | Plantios de <i>Eucalyptus</i> spp. e <i>Pinus</i> spp. |
| Caminho percorrido | Rua e rodovias monitoradas. |

Fonte: elaborado pelo autor, adaptado de IBGE (2013).

Posterior ao mapeamento da área, foi realizada validação de dados em campo na data do dia 09/11/2019. Assim sendo, foram distribuídos dois pontos amostrais por classe de uso e cobertura de forma aleatória, resultando assim em 16 pontos de validação.

3.2.4 Dados climáticos

Dados referentes a precipitação pluviométrica e temperatura foram obtidos da Estação Meteorológica instalada na área do Parque Científico e Tecnológico (IPARQUE) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), em convênio com a Epagri/Ciram.

4 ANÁLISE DOS DADOS

As amostragens realizadas em um mesmo mês, são apresentadas de forma agrupada, sendo cada mês considerado como uma unidade amostral, resultando em 11 unidades amostrais. De forma geral, as análises estatísticas foram realizadas de forma global e individual para cada rodovia percorrida. Cabe destacar que as rodovias Alexandre Beloli e Antônio Darós foram agrupadas para efeito de análise por serem uma infraestrutura viária contínua.

Os *taxa* (espécies e gêneros) foram classificadas conforme o Índice de Constância de Ocorrência – ICO (DAJOZ, 1983). Segundo esse índice, os *taxa* presentes em mais de 50% das amostragens são considerados abundantes; quando presentes entre 25 e 50% são considerados comuns, e; aqueles *taxa* que estiveram presentes em menos de 25% das amostragens são categorizados como raros.

Para o cálculo das taxas de atropelamento foram utilizados os dados totais de vertebrados silvestres registrados para cada rodovia e por grupo taxonômico anuros, lagartos e serpentes, aves e mamíferos. Assim sendo, levou-se em consideração os dados dos números de indivíduos atropelados por quilômetro por dia (ind/km/dia), conforme proposto por Bager (2012).

Para análise de similaridade foram usados dados de abundância e riqueza de espécies entre as rodovias, utilizando Índice de Morisita-Horn (Imh) (HORN, 1966) com auxílio do *software* PAST v. 3.25, sendo utilizado apenas as carcaças identificadas em nível de espécie. Devido a variação de tamanho das rodovias, tal índice foi escolhido visto que esse transforma os dados em proporção, sendo que os valores $> 0,6$ indicam similaridade significativa (RICHARD; WALLACE 1981).

Para avaliar a influência das variáveis climáticas (precipitação pluviométrica e temperatura) sobre a taxa de atropelamentos foram utilizados modelos de regressão linear simples (MRLS), com o auxílio do *software* RStudio Desktop v 1.2. Os dados das variáveis climáticas foram transformados em médias para cada mês, enquanto a taxa mensal de atropelamentos foi calculada a partir da média mensal de atropelamentos multiplicado por 30 (dias do mês), dividido pelo total de km percorrido em cada rodovia. Sendo que a análise foi feita por rodovia e por grupo (dados totais de vertebrados, anuros, serpentes e lagartos, aves,

mamíferos e o Gênero *Didelphis*). São expressos também os valores do coeficiente de determinação (R^2) de cada modelo, bem como os valores de significância (p).

Para análise da ocorrência de agregações espaciais de atropelamentos (*hotspots*), foi utilizado o software SIRIEMA (*Spatial Evaluation of Road Mortality Software*) v2.0 (COELHO *et al.*, 2011). Em cada rodovia considerou-se como o km 0, o ponto onde iniciavam-se as amostragens.

A análise ocorreu em duas etapas, a primeira foi a análise da existência de agrupamentos significativos, sendo aplicado assim o teste 2D Ripley K-Statistics. Esse teste utiliza a função (L), permitindo avaliar a intensidade de agregação em diversas escalas (RIPLEY, 1981; CRESSIE, 1993; COELHO *et al.*, 2011). Os valores de $L(r)$ que se apresentarem acima dos limites de confiança indicam agrupamentos significativos, enquanto valores abaixo desses indicam escalas com dispersão significativa. Para realização do teste foi considerado um raio inicial de 100 metros, com um incremento de raio de 400 metros, 1000 simulações e limite de confiança de 95% (COELHO *et al.*, 2011; TEIXEIRA, 2011). A escolha do valor do raio e de incremento foram selecionados, considerando que a maioria das medidas mitigadoras é considerada efetiva (TEIXEIRA, 2011).

Após identificação da existência de agrupamentos significativos, foi realizada a segunda etapa, com auxílio do teste 2D *hotspot* para identificar os trechos das rodovias que apresentaram agregação dos atropelamentos. A função utilizada no teste é *N-events – N-simulated*, onde os valores de confiança acima do limite superior de confiança dessa função, indicam agregação significativa. O valor de raio para esse teste foi 100 metros, 1000 simulações e comprimento de cada divisão de 10 metros para todas as rodovias.

Ambos os testes foram realizados para todas as estradas comportando os dados totais (todos vertebrados). A análise também foi repetida com a retirada do Gênero *Didelphis*, em decorrência do grande número de indivíduos encontrados, visto que o taxa dominante pode influenciar e mascarar o padrão de distribuição dos atropelamentos (COELHO *et al.*, 2008). Cabe ressaltar que aqueles indivíduos não identificados em nível de classe ou identificados apenas pertencentes a mamíferos, também foram retirados para essa análise, levando em consideração que esses poderiam pertencer ao Gênero *Didelphis*. As análises também foram realizadas para as duas classes de vertebrados mais registradas durante o estudo, sendo elas

Mammalia e Aves, para isso considerou-se as rodovias com mais de 10 registros para cada classe aqui analisada.

A relação entre paisagem e a ocorrência de agregações de atropelamentos foi avaliada por meio da geração de mapa temático do uso e cobertura da terra no *software* ArcGis 10.2.

5 RESULTADOS

5.1 MONITORAMENTO DOS ATROPELAMENTOS

Ao longo do estudo foram contabilizados 237 vertebrados silvestres atropelados, pertencentes a 19 ordens, 31 famílias e 45 espécies (Tabela 2). Seis indivíduos foram identificados apenas como pertencentes à vertebrados silvestres, não sendo possível identificação em um menor nível taxonômico, devido ao estado de deterioração das carcaças.

O maior número de registros foi para mamíferos, com 109 indivíduos (45,99%), seguido de aves representado por 85 indivíduos (35,86%), e em menor quantidade anuros com 21 registros (8,86%), serpentes e lagartos com 15 indivíduos (6,32%) e tartaruga com apenas um indivíduo. O grupo com maior número de *taxa* foi o das aves ($n = 28$), seguido por mamíferos ($n = 9$), lagartos e serpentes ($n = 5$), anuros ($n = 2$) e tartaruga ($n = 1$).

As espécies com maior número de registros foram *Didelphis albiventris* ($n = 14$), *Passer domesticus* ($n = 13$), *Rhinella icterica* ($n = 10$), *Vanellus chilensis* ($n = 8$), *Coendou spinosus* ($n = 8$), *Artibeus lituratus* ($n = 7$) e *Salvator merianae* ($n = 6$). *Didelphis* apresentou a maior abundância, com 63 indivíduos registrados, correspondendo a 28,27% das carcaças encontradas.

Tabela 2 – Número mensal de atropelamentos por táxon, número total de atropelamentos por grupo taxonômico e Índice de Constância de Ocorrência (ICO) registrados em rodovias que cortam e contornam a APA Morro Albino e Esteves entre outubro de 2018 e agosto de 2019.

| TAXA | Período de Amostragem | | | | | | | | | | | Total | ICO (%) | Classificação ICO |
|---|-----------------------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|-------|---------|-------------------|
| | 2018 | | | | | 2019 | | | | | | | | |
| | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | | | |
| VERTEBRATA | | | | | | | | | | | | | | |
| Vertebrata NI | 2 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | | | 6 | | |
| Subtotal | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 | | |
| ANUROS | | | | | | | | | | | | | | |
| Anuros NI | 1 | 1 | | 1 | | | | 2 | | | | 5 | | |
| Bufonidae | | | | | | | | | | | | | | |
| Rhinella sp. | 1 | | 1 | | | | | | 2 | | | 4 | 27 | Comum |
| Rhinella icterica (Spix, 1824) | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 2 | | 1 | 10 | 73 | Abundante |
| Leptodactylidae | | | | | | | | | | | | | | |
| Leptodactylus sp. | | | | 1 | | | | | | | | 1 | 9 | Rara |
| Leptodactylus latrans (Steffen, 1815) | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 9 | Rara |
| Subtotal | 4 | 2 | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 1 | 21 | | |
| TESTUDINIA | | | | | | | | | | | | | | |
| Emydidae | | | | | | | | | | | | | | |
| Trachemys dorbigni (Duméril & Bibron, 1835) | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 9 | Rara |
| Subtotal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | | |
| SQUAMATA | | | | | | | | | | | | | | |
| Squamata NI | | | | 1 | | | | | | | | 1 | | |
| LAGARTOS | | | | | | | | | | | | | | |
| Teiidae | | | | | | | | | | | | | | |
| Salvator merianae (Duméril & Bibron, 1839) | 1 | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | 6 | 36 | Comum |

| TAXA | Período de Amostragem | | | | | | | | | | | Total | ICO (%) | Classificação ICO |
|--|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|---------|-------------------|
| | 2018 | | | | | 2019 | | | | | | | | |
| | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | | | |
| SERPENTES | | | | | | | | | | | | | | |
| Serpentes NI | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | |
| Dipsadidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sibynomorphus neuwiedi</i> (Ihering, 1911) | | 1 | | | | | | | | | | 1 | 9 | Rara |
| <i>Helicops carinicaudus</i> (Wied, 1824) | 1 | | 1 | | | 1 | | | | 1 | | 4 | 36 | Comum |
| <i>Oxyrhopus rhombifer rhombifer</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854) | | | | | | | | | 1 | | | 1 | 9 | Rara |
| <i>Tomodon dorsatus</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854 | | | | | | | 1 | | | | | 1 | 9 | Rara |
| Subtotal | 2 | 3 | 3 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 15 | | |
| AVES | | | | | | | | | | | | | | |
| Aves NI | | | | 1 | | 1 | 2 | | | | | 4 | | |
| GALLIFORMES | | | | | | | | | | | | | | |
| Cracidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ortalis squamata</i> (Lesson, 1829) | 1 | 1 | | | | | | | 1 | 2 | | 5 | 36 | Comum |
| PELECANIFORMES | | | | | | | | | | | | | | |
| Ardeidae NI | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | |
| CATHARTIFORMES | | | | | | | | | | | | | | |
| Cathartidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793) | | | | | | | | | | 2 | | 2 | 9 | Rara |
| GRUIFORMES | | | | | | | | | | | | | | |
| Rallidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Aramides saracura</i> (Spix, 1825) | 1 | | | | | | | | | | | 1 | 9 | Rara |
| <i>Pardirallus nigricans</i> (Vieillot, 1819) | | | | 1 | | | | | | | | 1 | 9 | Rara |
| CHARADRIIFORMES | | | | | | | | | | | | | | |
| Charadriidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782) | | 1 | | | 2 | 1 | | | 1 | 2 | 1 | 8 | 55 | Abundante |

| TAXA | Período de Amostragem | | | | | | | | | | | Total | ICO (%) | Classificação ICO |
|---|-----------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|---------|-------------------|
| | 2018 | | | | | 2019 | | | | | | | | |
| | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | | | |
| <i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (Vieillot, 1817) | | | | | 1 | | | | | | | 1 | 9 | Rara |
| <i>Progne tapera</i> (Vieillot, 1817) | | 1 | 1 | | | | | | | | | 2 | 18 | Rara |
| Troglodytidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Troglodytes musculus</i> Naumann, 1823 | | | | | | 1 | | | | | | 1 | 9 | Rara |
| Turdidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis, 1850 | 1 | | | | | | | | | | | 1 | 9 | Rara |
| Passerellidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Zonotrichia capensis</i> (Statius Muller,1776) | | | | 1 | | | | | | | | 1 | 9 | Rara |
| Parulidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Basileuterus culicivorus</i> (Deppe, 1830) | | | | | | | | | 1 | | | 1 | 9 | Rara |
| Icteridae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Molothrus bonariensis</i> (Gmelin, 1789) | | | | | | | 1 | | | 1 | | 2 | 18 | Rara |
| Thraupidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766) | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 9 | Rara |
| <i>Tachyphonus coronatus</i> (Vieillot, 1822) | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 9 | Rara |
| Fringillidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Euphonia violacea</i> (Linnaeus, 1758) | | | | | | 1 | | | | | | 1 | 9 | Rara |
| Passeridae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758) | 3 | 3 | 4 | 2 | | 1 | | | | | | 13 | 45 | Comum |
| Subtotal | 12 | 14 | 12 | 7 | 5 | 9 | 5 | 3 | 5 | 9 | 4 | 85 | | |
| MAMMALIA | | | | | | | | | | | | | | |
| Mammalia NI | | | 2 | | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | | 1 | 11 | | |
| DIDELPHIMORPHIA | | | | | | | | | | | | | | |
| Didelphidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Didelphis</i> sp. | 8 | 5 | 1 | 6 | 6 | 5 | 2 | 3 | 9 | 2 | 2 | 49 | 100 | Abundante |

| TAXA | Período de Amostragem | | | | | | | | | | | Total | ICO (%) | Classificação ICO |
|---|-----------------------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|---|-------|---------|-------------------|
| | 2018 | | | | | 2019 | | | | | | | | |
| | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | | | |
| <i>Didelphis albiventris</i> (Lund, 1840) | 2 | 1 | 1 | | 1 | | | 4 | 3 | 2 | | 14 | 55 | Abundante |
| PILOSA | | | | | | | | | | | | | | |
| Myrmecophagidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758) | | | 2 | | | | | | | | | 2 | 9 | Rara |
| CINGULATA | | | | | | | | | | | | | | |
| Dasypodidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dasypus</i> sp. | | | 2 | 1 | | | | | | | | 3 | 18 | Rara |
| <i>Dasypus novemcinctus</i> (Linnaeus, 1758) | 1 | 1 | 1 | | 1 | | 1 | | | | | 5 | 45 | Comum |
| CARNÍVORA | | | | | | | | | | | | | | |
| Canidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766) | 1 | | | | | | | | | 2 | 1 | 4 | 27 | Comum |
| Mustelidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Galictis cuja</i> (Molina, 1782) | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 9 | Rara |
| CHIROPTERA | | | | | | | | | | | | | | |
| Chiroptera NI | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | |
| Noctilionidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Noctilio leporinus</i> (Linnaeus, 1758) | | | | 1 | | | | | | | | 1 | 9 | Rara |
| Phyllostomidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818) | 1 | 2 | | | | | | | 4 | | | 7 | 27 | Comum |
| RODENTIA | | | | | | | | | | | | | | |
| Rodentia NI | | | 1 | | | | | | | 1 | | 2 | | |
| Caviidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766) | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 9 | Rara |
| Erethizontidae | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Coendou spinosus</i> (F. Cuvier, 1823) | | 3 | 1 | 1 | 2 | | | | 1 | | | 8 | 45 | Comum |

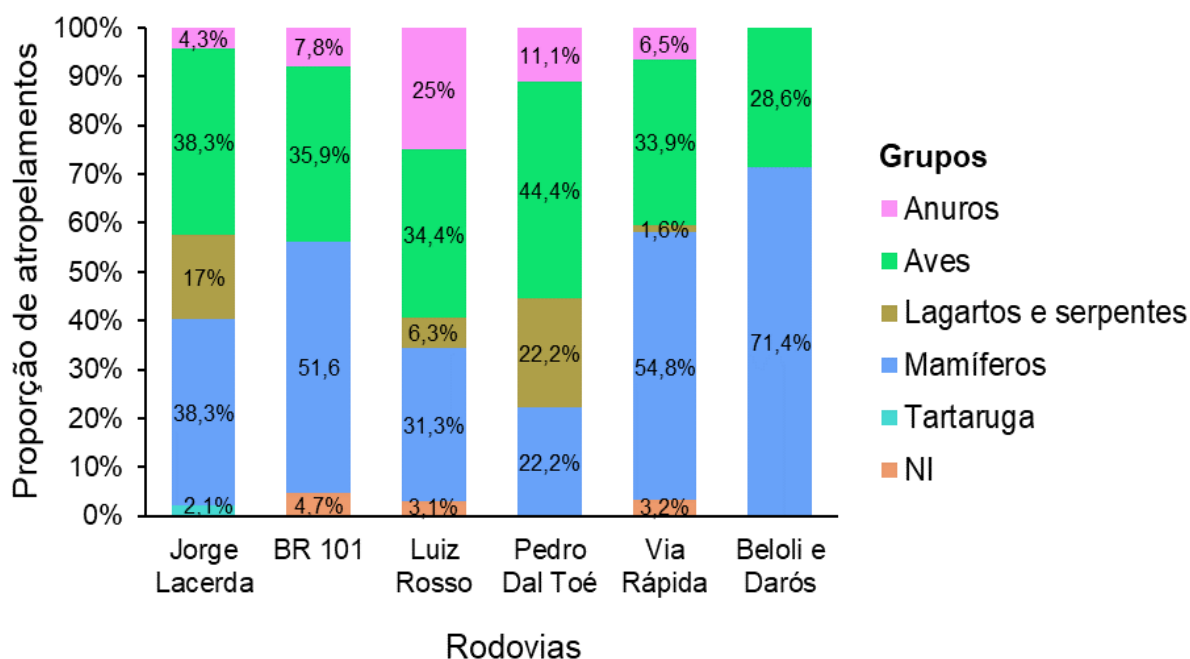
| TAXA | Período de Amostragem | | | | | | | | | | | Total | ICO (%) | Classificação ICO |
|-------------|-----------------------|----|----|----|----|----|------|----|----|----|----|-------|------------|----------------------|
| | 2018 | | | | | | 2019 | | | | | | | |
| | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | | | |
| Subtotal | 13 | 12 | 12 | 9 | 11 | 7 | 6 | 9 | 18 | 7 | 5 | 109 | | |
| TOTAL GERAL | 33 | 32 | 29 | 21 | 17 | 18 | 13 | 18 | 29 | 17 | 10 | 237 | | |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

No que diz respeito aos grupos taxonômicos, analisados de maneira individual por rodovia, mamíferos e aves de forma geral apresentaram maiores valores percentuais em relação aos demais grupos (Figura 3).

Para a BR 101, Via Rápida e Alexandre Beloli/Antônio Darós, mais de 50% dos atropelamentos foram de mamíferos, sendo que a maior proporção foi encontrada nas rodovias Alexandre Beloli/Antônio Darós (71,4%). Com exceção das rodovias Alexandre Beloli/Antônio Darós (28,6%), todas as restantes apresentaram proporção maior que 30% para o grupo aves, com Pedro Dal Toé apresentando o maior valor percentual encontrado (44,4%). Para anuros, o maior valor percentual foi verificado na Luiz Rosso (25%). Em relação a serpentes e lagartos maior percentual foi registrado na Pedro Dal Toé (22,2%). Durante o estudo, foi registrado um indivíduo pertencente a testudines, o qual foi encontrado na Jorge Lacerda (2,1%).

Figura 3 – Proporção dos atropelamentos por grupos taxonômicos por rodovia dos dados coletados em rodovias que cortam e contornam a APA Morro Albino e Esteves entre outubro de 2018 e agosto de 2019.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A contribuição de cada rodovia em relação a riqueza (S) encontrada em ordem decrescente foi, BR 101 (n = 23), Via Rápida (n = 20) e Jorge Lacerda (n = 16), Pedro Dal Toé (n = 9) Luiz Rosso (n = 8) e Alexandre Beloli/Antônio Darós (n = 6).

A taxa de atropelamentos, considerando os dados totais de atropelamentos, foi de 0,17 indivíduos/km/dia, com mamíferos apresentando a taxa mais expressiva, igual a 0,08 indivíduos/km/dia. Considerando a taxa individual para cada estrada percorrida, Pedro Dal Toé apresentou a maior taxa de atropelamento (0,26 indivíduos/km/dia) conforme Tabela 3.

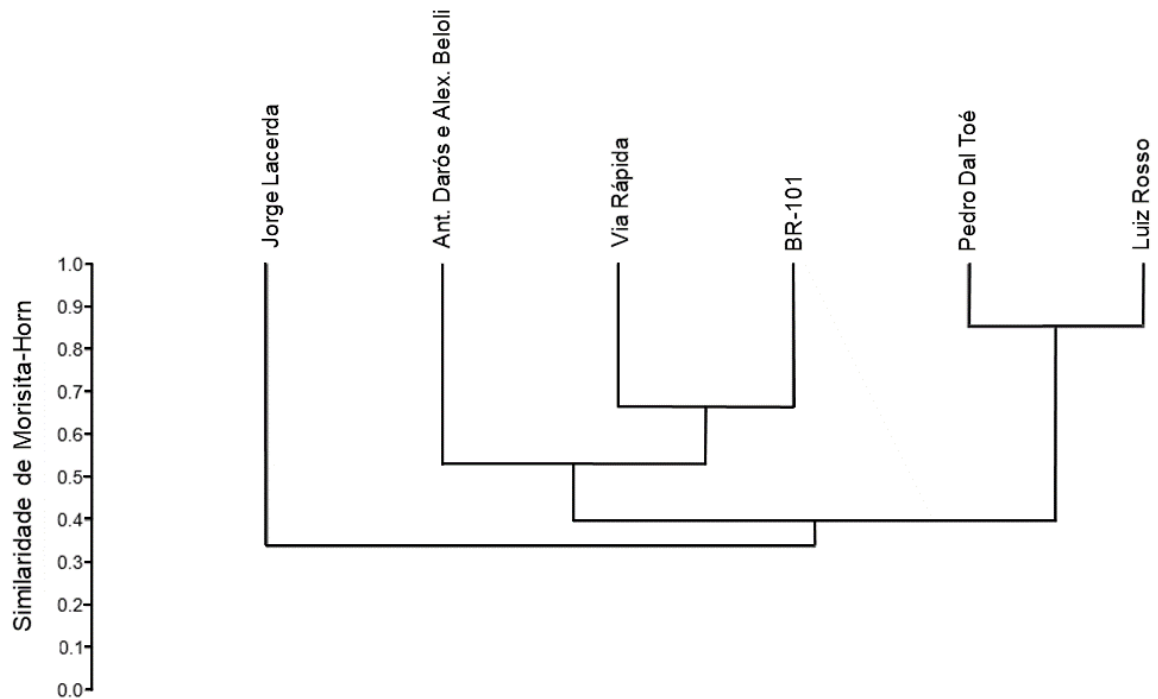
Tabela 3 – Taxa de atropelamentos (número de indivíduos/km/dia) por rodovia monitorada e por grupo taxonômico durante as amostragens no período de outubro de 2018 a agosto de 2019.

| | |
|-----------------------------------|--|
| Global | 0,17 indivíduos/km/dia |
| Rodovias | Taxa de atropelamentos (número de indivíduos/km/dia) |
| Jorge Lacerda | 0,18 |
| Gov. Mario Covas (BR 101) | 0,15 |
| Luiz Rosso | 0,16 |
| Pedro Dal Toé | 0,26 |
| Gov. Aristides Bolan (Via Rápida) | 0,20 |
| Antônio Darós e Alexandre Beloli | 0,12 |
| Grupos | Taxa de atropelamentos (número de indivíduos/km/dia) |
| Anuros | 0,02 |
| Lagartos e serpentes | 0,01 |
| Aves | 0,06 |
| Mamíferos | 0,08 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

No que diz respeito à similaridade entre as rodovias, considerando os dados de riqueza e abundância, para todas as rodovias o índice de Morisita-Horn se apresentou acima de 30% (Figura 4), contudo houve similaridade apenas entre Luiz Rosso e Pedro Dal Toé (mais de 85%) e; BR 101 e Via Rápida (mais de 65%).

Figura 4 – Similaridade entre as rodovias, obtido a partir do Índice de Similaridade de Morisita-Horn (Imh) com dados de riqueza e abundância.

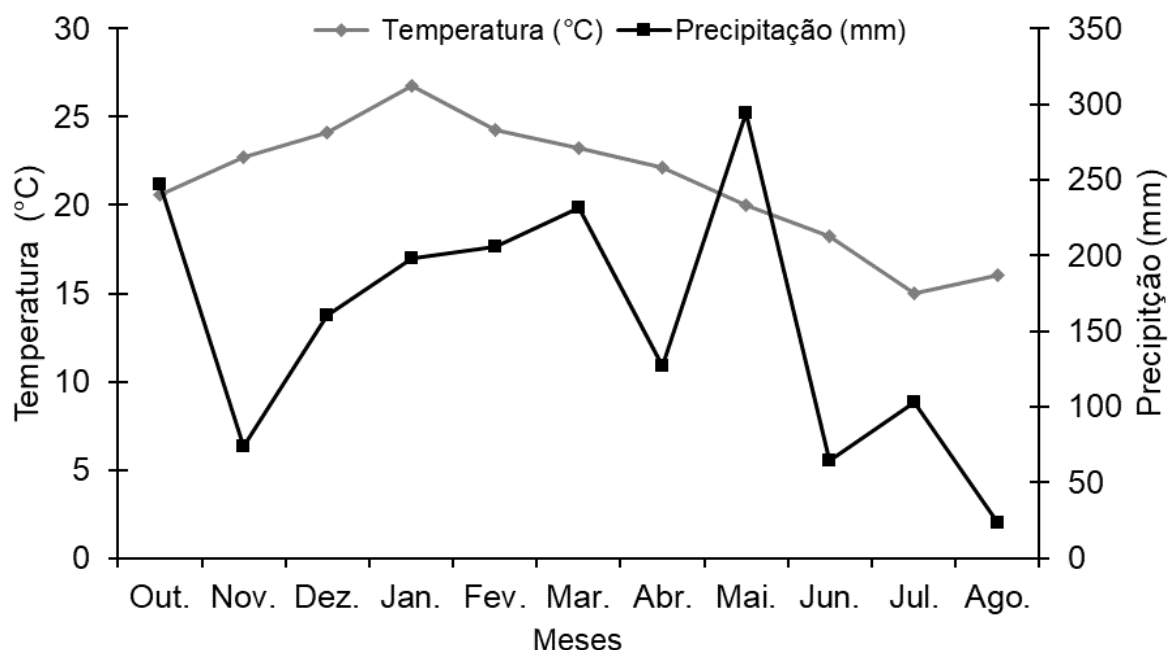


Fonte: elaborado pelo autor (2019).

5.3 VARIÁVEIS CLIMATICAS

Para a variável temperatura, as médias oscilaram de 15,04°C (julho) a 26,79 °C (janeiro), enquanto a precipitação pluviométrica variou de 23,2 mm (agosto) a 294,3 mm (maio). Na Figura 5, estão dispostas as variáveis para o período de estudo.

Figura 5 – Variação média da precipitação pluviométrica e temperatura entre outubro de 2018 e agosto de 2019 na região de estudo.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Os testes estatísticos aplicados nos modelos mostraram que temperatura e precipitação apresentam baixo poder de explicação (R^2) não sendo significativos (p) para os grupos testados (Tabela 4).

Os valores de coeficiente de determinação (R^2) apresentaram valores iguais ou inferiores a 0,03 (temperatura) e 0,02 (precipitação). Contudo, analisando as Figuras 6 e 7, é possível perceber que a análise para os dados totais de vertebrados e aves, ambos apresentam alguns pontos mais dispersos da linha de tendência, quando comparados a outros grupos, sendo destaque para as duas variáveis a disposição de um ponto pertencente a Pedro Dal Toé que ocorreu na temperatura próxima a 27°C e mais de 200 mm de chuva com taxa de atropelamento de 1,2 ind/km/dia.

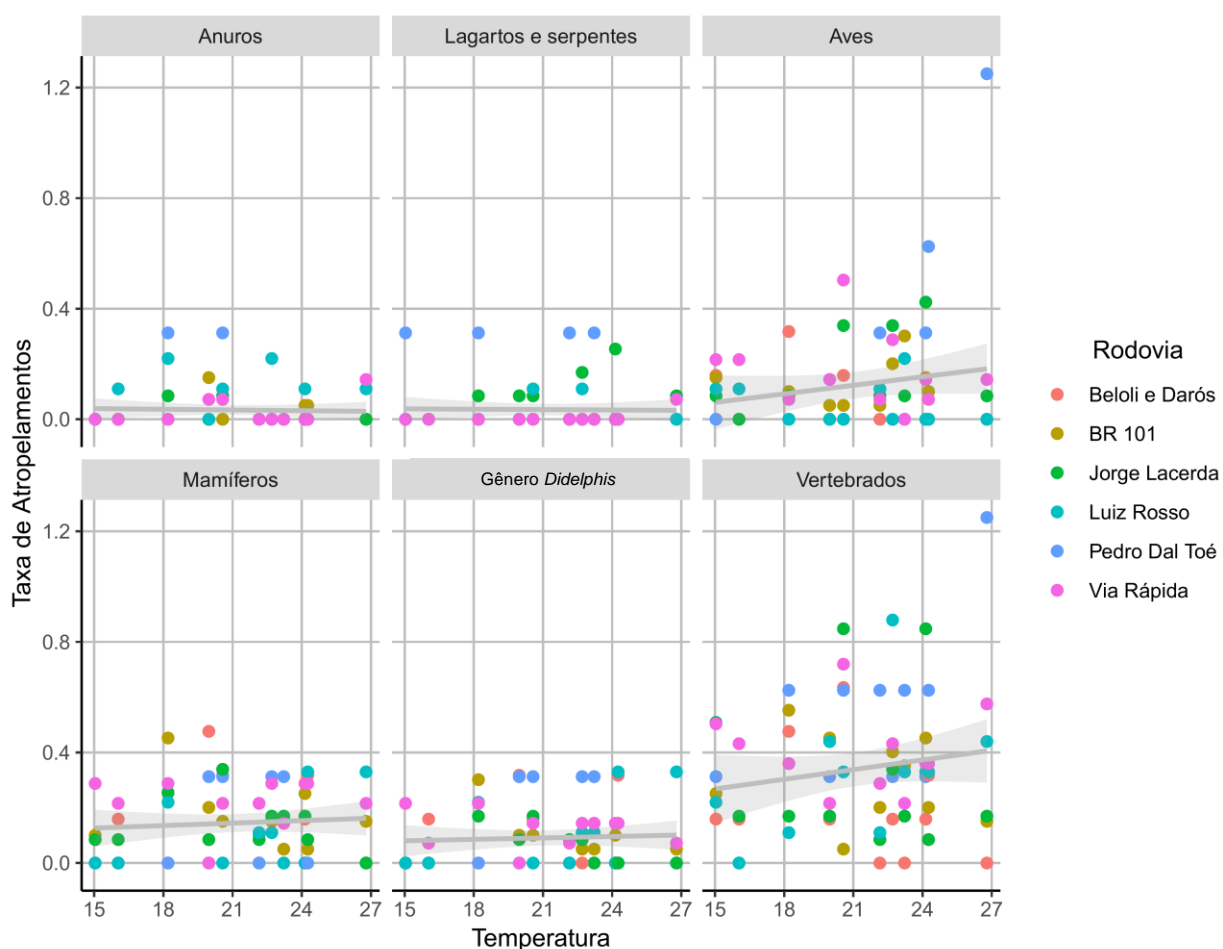
O menor valor de significância (p) encontrado, para temperatura foi no grupo aves ($p = 0,14$) enquanto para precipitação ($p = 0,15$) o grupo *Didelphis* apresentou valor mais baixo.

Tabela 4 – Valores do coeficiente de determinação (R^2) e valores de significância (p) para todos os grupos analisados.

| Temperatura | | | | | | |
|----------------------------|--------|----------------------|------|-----------|-------------|------------------|
| | Anuros | Lagartos e serpentes | Aves | Mamíferos | Vertebrados | <i>Didelphis</i> |
| R^2 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 0,00 |
| p | 0,75 | 0,88 | 0,14 | 0,53 | 0,19 | 0,66 |
| Precipitação Pluviométrica | | | | | | |
| | Anuros | Lagartos e serpentes | Aves | Mamíferos | Vertebrados | <i>Didelphis</i> |
| R^2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| p | 0,91 | 0,63 | 0,73 | 0,32 | 0,25 | 0,15 |

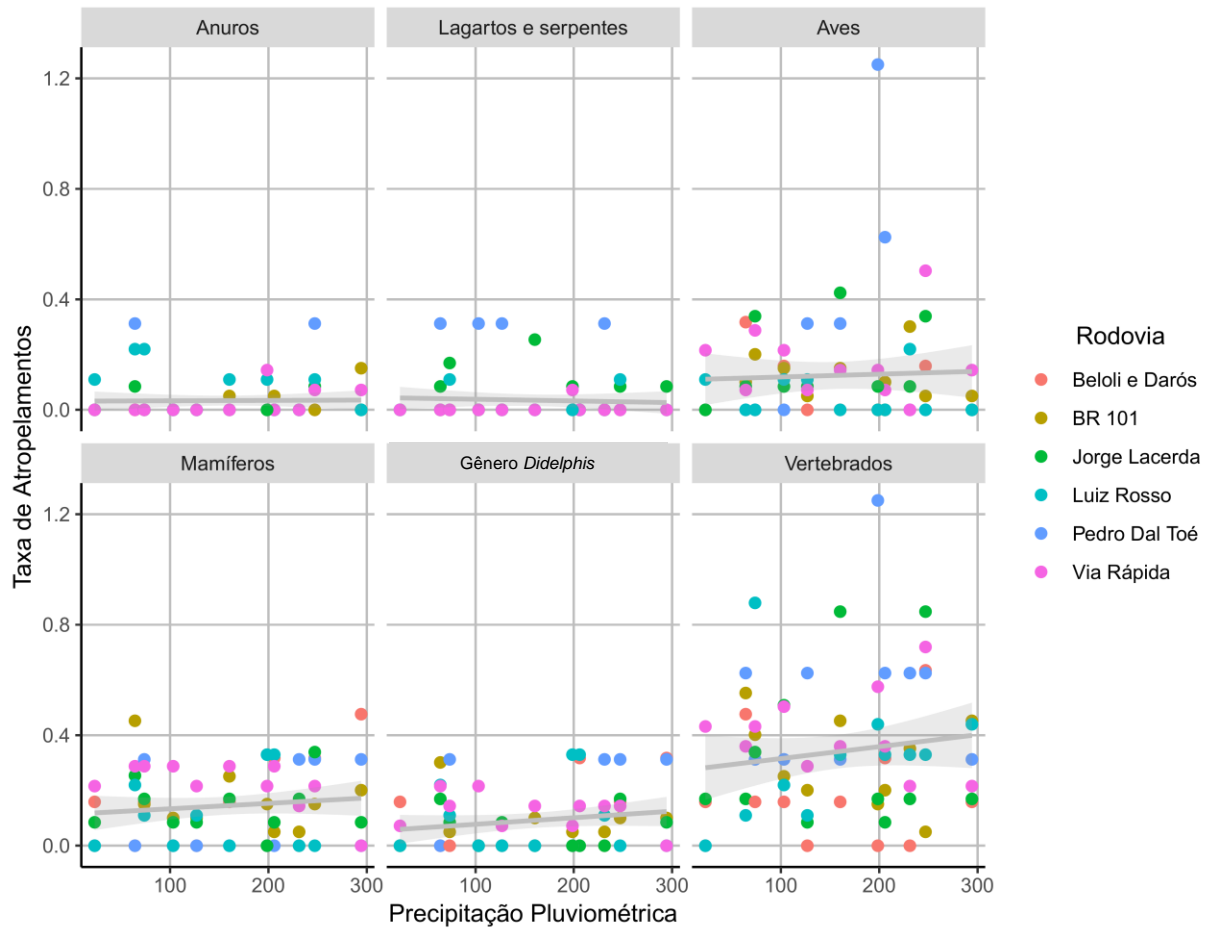
Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 6 – Correlação entre temperatura e taxa de atropelamentos para anuros, lagartos e serpentes, aves, mamíferos, Gênero *Didelphis* e dados totais de vertebrados silvestres atropelados em rodovias que cortam e contornam a APA Morro Albino e Esteves entre outubro de 2018 e agosto de 2019.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 7 – Correlação entre precipitação pluviométrica e taxa de atropelamentos para anuros, lagartos e serpentes, aves, mamíferos, Gênero *Didelphis* e dados totais de vertebrados silvestres atropelados em rodovias que cortam e contornam a APA Morro Albino e Esteves entre outubro de 2018 e agosto de 2019..



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

5.4 MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA

Com base no mapeamento do uso e cobertura da terra (Tabela 5 e Figura 8) foi possível identificar que a maior porção da APA Morro Albino e Esteves juntamente com o *Buffer* estabelecido de 200 metros para ambos os lados de cada rodovia percorrida, é coberta pela classe denominada “Florestas” (28,29%) sendo representada por 312 fragmentos com tamanhos variando de <0,1 a 252,82 ha.

Também fazem parte do mosaico paisagístico da área pastagens (22,72%), agricultura (16,77%) representados principalmente por plantação de banana, batata e fumo e a classe área construída (13,22%) composta por aglomerados urbanos, principalmente nas áreas mais adjacentes aos limites da APA e construções isoladas em locais com características rurais.

Em menores proporções está a classe denominada “área descoberta” ou solo exposto (11,95%), ressaltando que a porcentagem pode ser alterada conforme o período de realização da fotointerpretação, pois existe conversão com a lavoura demandando em certos períodos à exposição do solo. Plantações de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. ocupam 4,37% da área, enquanto os corpos d'água representados por açudes artificiais e naturais representou (0,98%) e o comprimento dos cursos d'água plotados foi de 87 km.

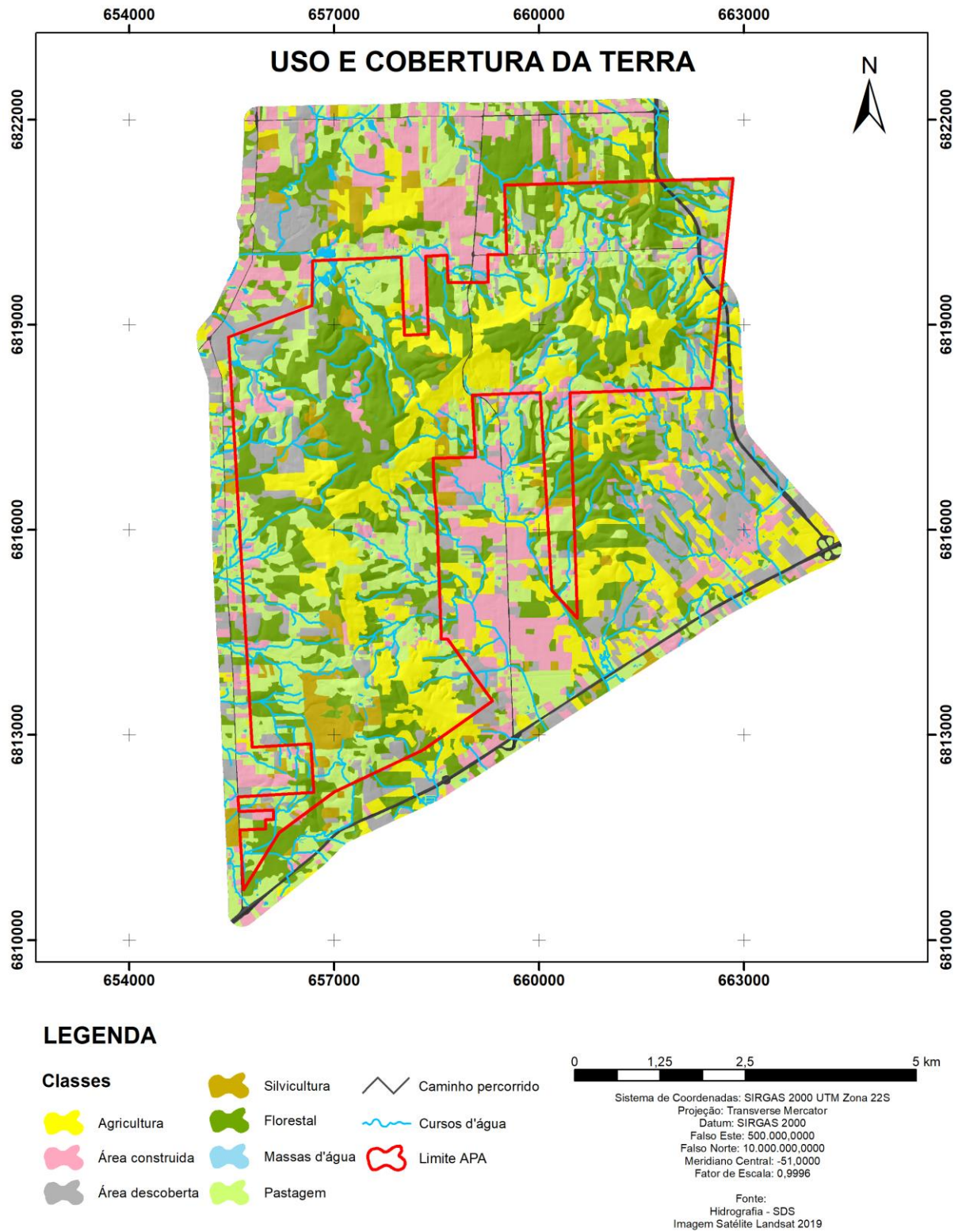
Durante validação dos pontos amostrais, foi possível constatar que todos correspondiam as classes aqui classificadas, conforme exposto nos APÊNDICE D APÊNDICE E.

Tabela 5 – Distribuição do Uso e Cobertura da Terra, abrangendo a área total da APA e rodovias monitoradas com *Buffer* de 200 metros para ambos os lados de cada rodovia percorrida.

| Classes de Uso e Cobertura | Área (ha) | Área (%) |
|-----------------------------------|------------------|-----------------|
| Florestal | 2118,63 | 28,29 |
| Cultivo | 1256,19 | 16,77 |
| Área construída | 990,42 | 13,22 |
| Área descoberta | 895,1 | 11,95 |
| Pastagem | 1701,6 | 22,72 |
| Massas d'água | 73,51 | 0,98 |
| Silvicultura | 327,25 | 4,37 |
| Caminho percorrido | 125,41 | 1,7 |
| Total | 7488,11 | 100 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 8 – Mapa de uso e cobertura da terra, abrangendo a área total da APA e rodovias monitoradas com *Buffer* de 200 metros de raio para ambos os lados de cada rodovia percorrida.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

5.4 ANÁLISE ESPACIAL DOS *HOTSPOTS* DE ATROPELAMENTOS

5.4.1 Rodovia Governador Jorge Lacerda

Em relação ao uso e cobertura da terra para a Jorge Lacerda (Tabela 6), a área mapeada é composta principalmente por pastagens (32,6%), área construída (19,7%) e área descoberta (19,5%). A cobertura florestal presente na área mapeada foi de 14,2% representada por 41 fragmentos florestais.

Tabela 6 – Distribuição das classes de uso e cobertura da terra na área de *buffer* da rodovia Governador Jorge Lacerda.

| Classes de Uso e Cobertura | Área (ha) | Área (%) |
|-----------------------------------|------------------|-----------------|
| Florestal | 68,91 | 14,2 |
| Agricultura | 19,32 | 4,0 |
| Área construída | 95,71 | 19,7 |
| Área descoberta | 94,84 | 19,5 |
| Pastagem | 158,12 | 32,6 |
| Corpos d'água | 6,02 | 1,2 |
| Silvicultura | 24,36 | 5,0 |
| Caminho percorrido | 18,23 | 3,8 |
| Total | 485,51 | 100 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

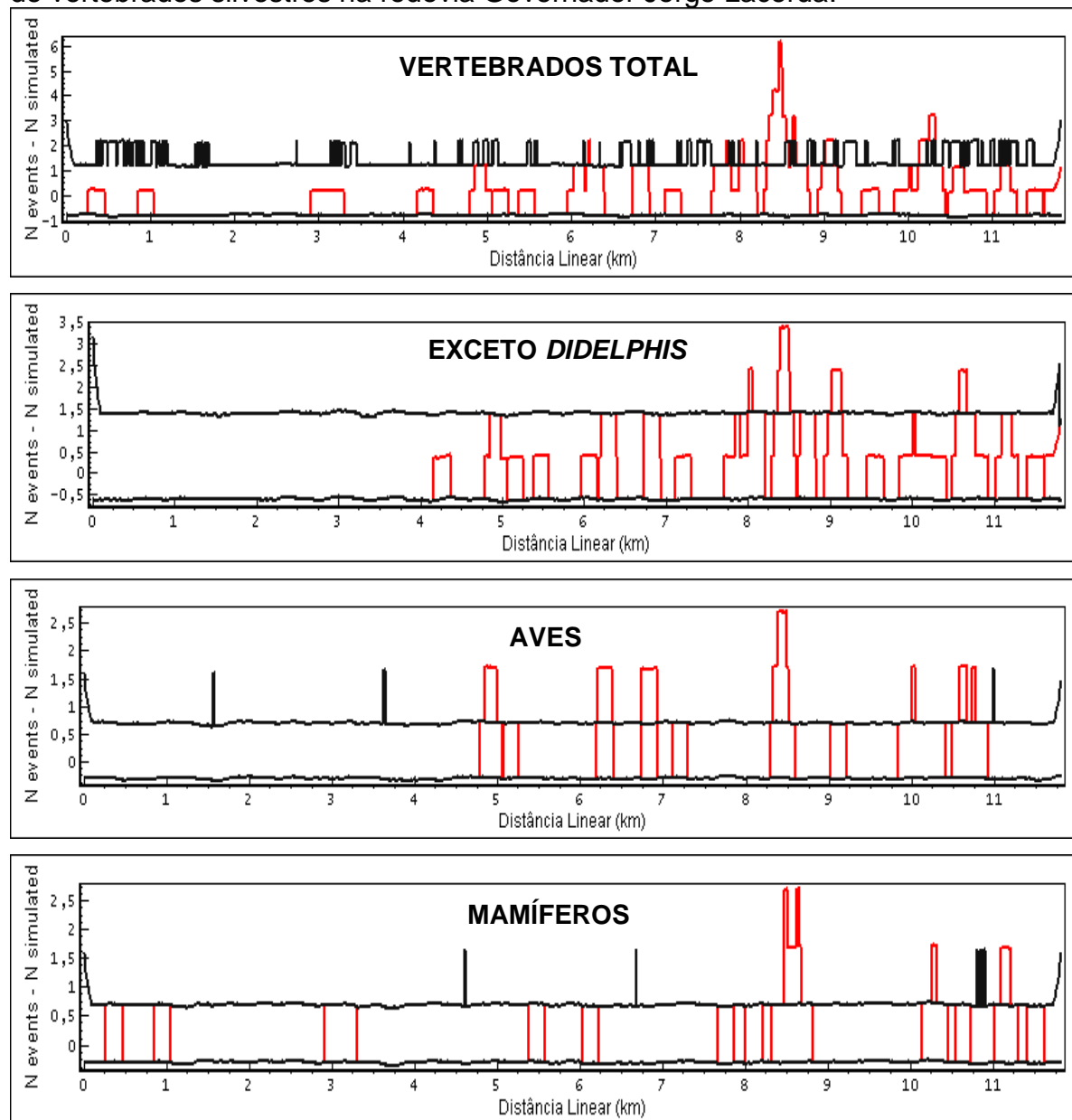
O teste K de Ripley indicou haver agregação de atropelamentos para todos os grupos analisados na rodovia Jorge Lacerda (vertebrados totais, sem *Didelphis*, aves e mamíferos), conforme Apêndices F, G, H e I.

A análise de agregações de atropelamentos (*hotspots*) revela a ocorrência de sete locais de agregação incluindo todos os vertebrados silvestres foram identificados sete locais de agregação (Figura 9), contudo a maior concentração de atropelamentos foi verificada entre os quilômetros 8,3 e 8,6. Nas adjacências desse *hotspot* ocorrem as classes de agricultura e área urbanizada, assim como presença de fragmentos florestais.

Mesmo com a exclusão do Gênero *Didelphis* nesta análise, os mesmos quilômetros (8,3 e 8,6) se mantiveram como os locais de maior concentração, sendo que este mesmo padrão permanece para as aves e mamíferos. Para aves foi possível identificar pontos com maiores graus de intensidade que não ocorreram para os outros grupos analisados como nos quilômetros 4,9 a 5,0; 6,3 a 6,5; 6,9 a

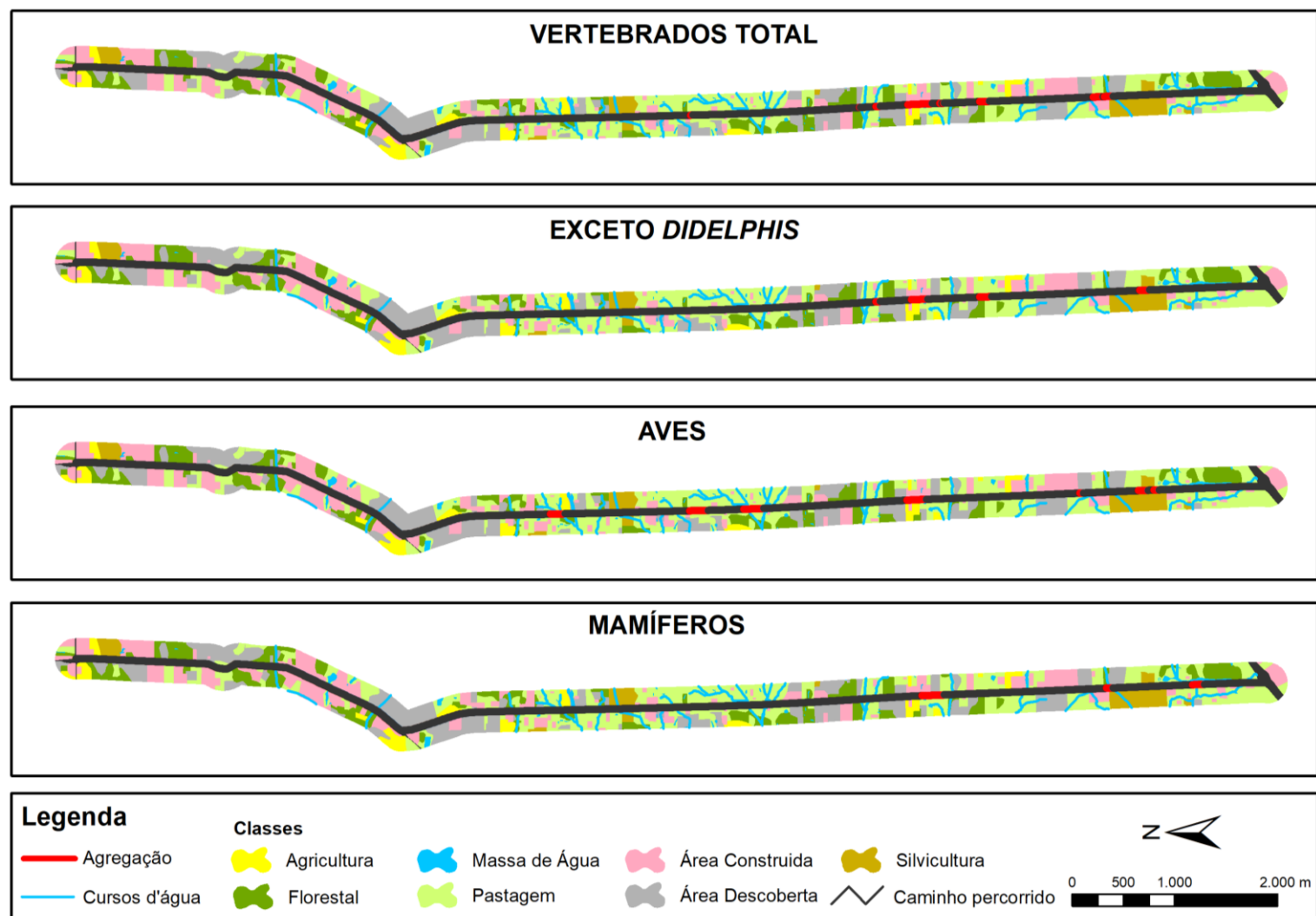
7,0. Nessas locais a paisagem do entorno é composta principalmente por pastagem e fragmentos florestais, com destaque para todos os locais de agregação acima citados a presença de corpos d'água nas proximidades (Figura 10).

Figura 9 – Teste 2D *hotspot* evidenciando locais com agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres na rodovia Governador Jorge Lacerda.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 10 – Locais de agregação de atropelamentos de vertebrados silvestres e as classes de uso e cobertura da terra mapeadas para a área de *buffer* da rodovia Governador Jorge Lacerda.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

5.4.2 Governador Mario Covas (BR 101)

Para a BR 101 (Tabela 7), predominou a classe de uso e cobertura da terra do tipo pastagem (28,9%), seguida da classe de área construída (15,3%) e da classe florestal (13,5%), essa última, representada por 43 fragmentos.

Tabela 7 – Distribuição das classes de uso e cobertura da terra na área de *buffer* da rodovia Governador Mario Covas (BR 101).

| Classes de Uso e Cobertura | Área (ha) | Área (%) |
|-----------------------------------|------------------|-----------------|
| Florestal | 56,67 | 13,5 |
| Agricultura | 52,72 | 12,6 |
| Área construída | 63,86 | 15,3 |
| Área descoberta | 54,73 | 13,1 |
| Pastagem | 120,78 | 28,9 |
| Corpos d'água | 6,33 | 1,5 |
| Silvicultura | 9,92 | 2,4 |
| Caminho percorrido | 53,29 | 12,7 |
| Total | 418,30 | 100 |

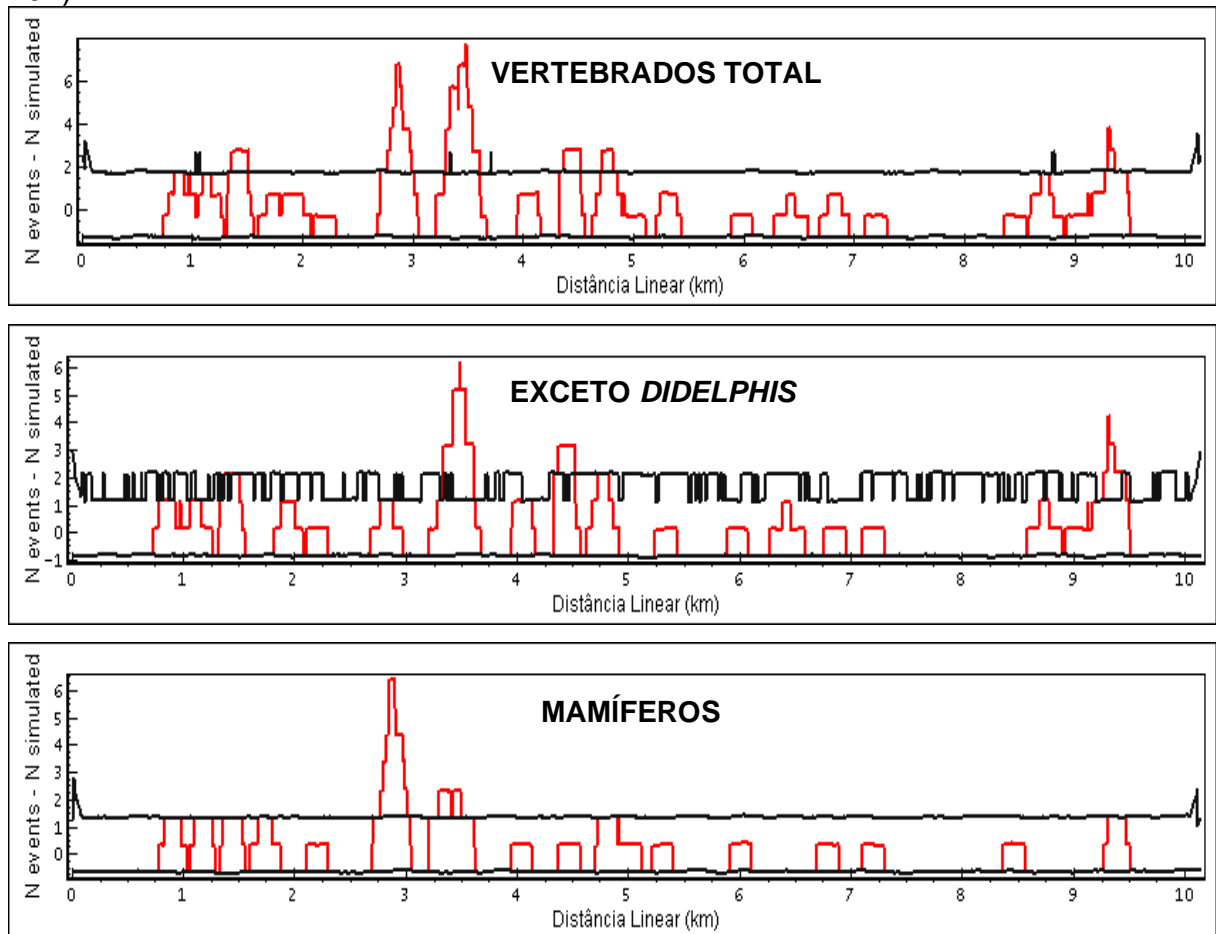
Fonte: elaborado pelo autor (2019).

O teste K de Ripley efetuado para a BR-101 permitiu identificar valores de $L(r)$ acima dos limites de confiança para os dados totais de vertebrados, sem *Didelphis* e mamíferos, destacando que para aves não apresentou agrupamento significativo, conforme Apêndices F, G, H e I.

A análise dos *hotspots* indicou seis pontos de agregação para os dados totais de vertebrados (Figura 11) entretanto as maiores intensidades de atropelamentos ocorreram entre os quilômetros 2,8 a 3,1 e 3,3 a 3,8; No primeiro local de *hotspot* a rodovia corta um fragmento florestal e no segundo a matriz de entorno é composta por agricultura e área descoberta pela exposição do solo em razão da agricultura (Figura 12).

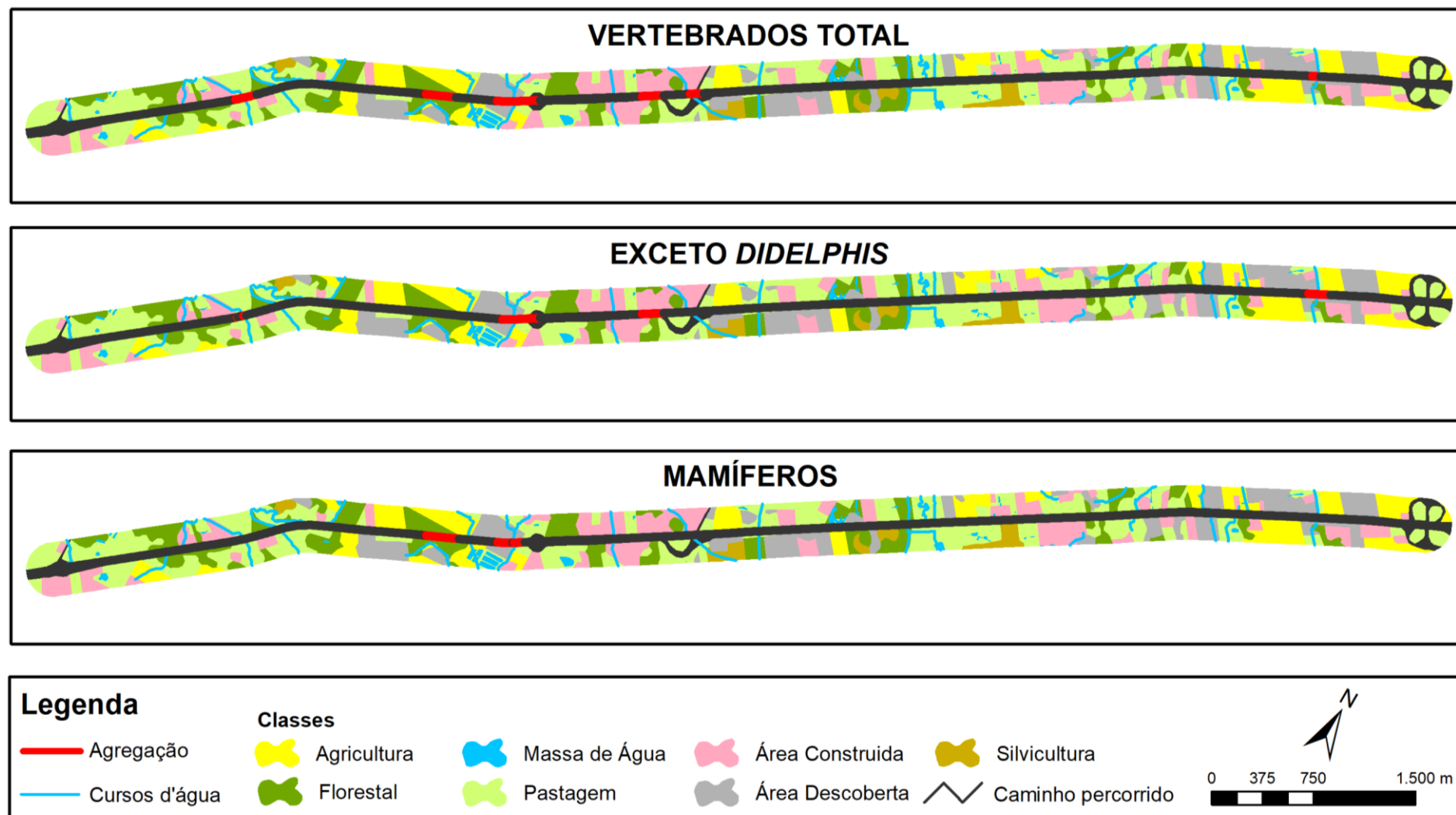
Com a retirada da análise do Gênero *Didelphis*, os locais de agregação reduziram-se à quatro, sendo que para essa análise os quilômetros 2,8 a 3,1 se mantiveram abaixo do limite de confiança, não se enquadrando mais como *hotspots*. Os quilômetros 3,3 a 3,8 prosseguiram com o mesmo padrão de agregação para análise sem *Didelphis* assim como para mamíferos. Todos os locais de agregação possuem corpos d'água nas suas proximidades.

Figura 11 – Teste 2D *hotspot* evidenciando locais com agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres na rodovia Governador Mario Covas (BR 101).



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 12 – Locais de agregação de atropelamentos de vertebrados silvestres e as classes de uso e cobertura da terra mapeadas para a área de *buffer* da rodovia Governador Mario Covas (BR101).



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

5.4.3 Rodovia Luiz Rosso

Na rodovia Luiz Rosso (Tabela 8) o mapeamento do uso e cobertura da terra permitiu identificar a predominância da classe áreas construídas (36,7%), seguida pela classe pastagens (26,1%) e área florestal (13,4%), essa última sendo constituída de 21 fragmentos.

Tabela 8 – Distribuição das classes de uso e cobertura da terra na área de *buffer* da rodovia Luiz Rosso.

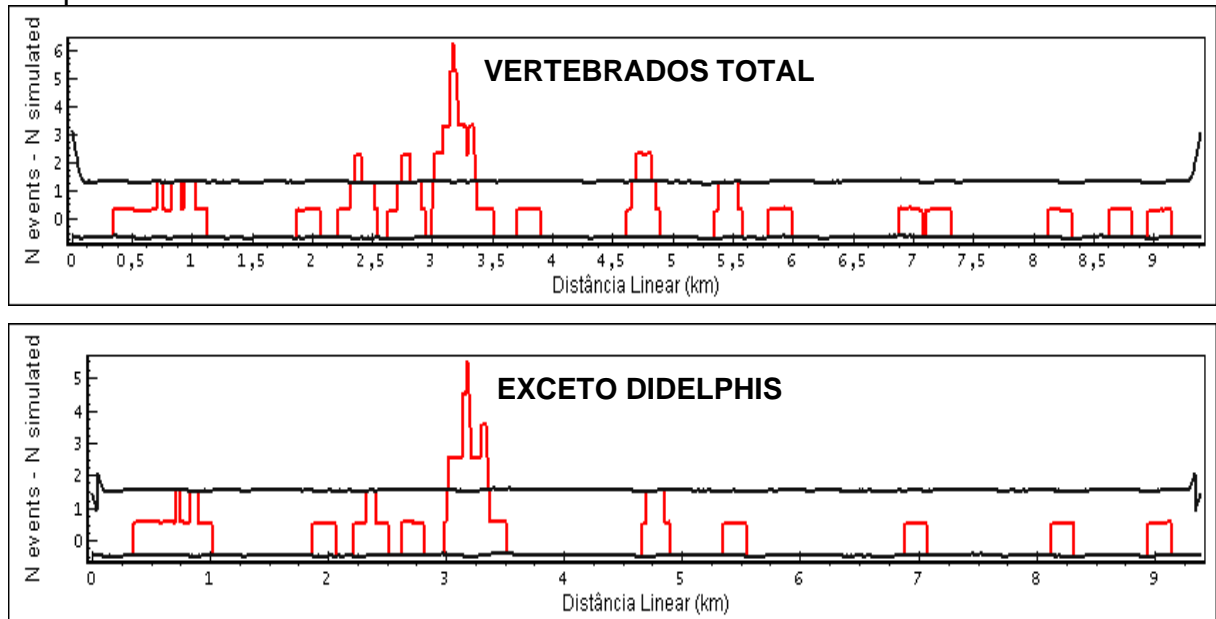
| Classes de Uso e Cobertura | Área (ha) | Área (%) |
|-----------------------------------|------------------|-----------------|
| Florestal | 51,99 | 13,4 |
| Agricultura | 49,87 | 12,9 |
| Área construída | 142,51 | 36,7 |
| Área descoberta | 22,53 | 5,8 |
| Pastagem | 101,04 | 26,1 |
| Corpos d'água | 2,79 | 0,7 |
| Silvicultura | 0,58 | 0,2 |
| Caminho percorrido | 16,49 | 4,3 |
| Total | 387,80 | 100 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A aplicação do teste K de Ripley para a rodovia Luiz Rosso foi constatado a existência de agrupamentos significativos para os dados totais de vertebrados e sem o Gênero *Didelphis*, sendo que para aves e mamíferos não houve valores de $L(r)$ acima do limite de confiança Apêndices F, G, H e I.

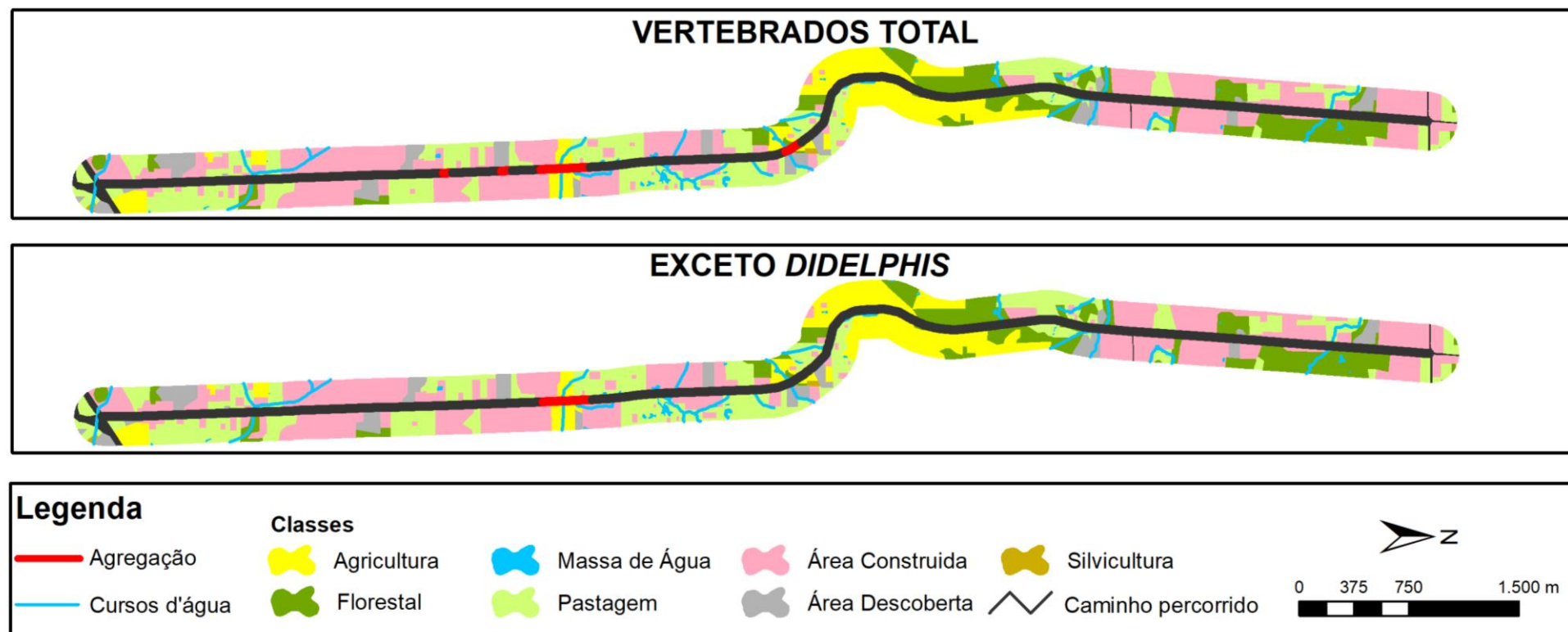
Para análise de *hotspots* foram identificados quatro locais de agregação, onde, entre os quilômetros 3 e 3,5, houve maior intensidade de atropelamentos tanto para os dados totais de vertebrados quanto quando *Didelphis* foi retirado da análise (Figura 13). A matriz paisagística do entorno dos *hotspots* é composta principalmente por áreas de agricultura e áreas construídas, com presença de corpos d'água (Figura 14).

Figura 13 – Teste 2D *hotspot* evidenciando locais com agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres na rodovia Luiz Rosso.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 14 - Locais de agregação de atropelamentos de vertebrados silvestres e as classes de uso e cobertura da terra mapeadas para a área de *buffer* da rodovia Luiz Rosso.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

5.4.4 Rua Pedro Dal Toé

A partir do mapeamento do uso e cobertura da terra para a rua Pedro Dal Toé (Tabela 9) foi possível observar que a área é composta predominantemente por pastagem (39,7%) seguida de área construída (29,9%) e cobertura florestal (23 fragmentos) ocupando 19,5% do total.

Tabela 9 – Distribuição das classes de uso e cobertura da terra na área de *buffer* da rua Pedro Dal Toé.

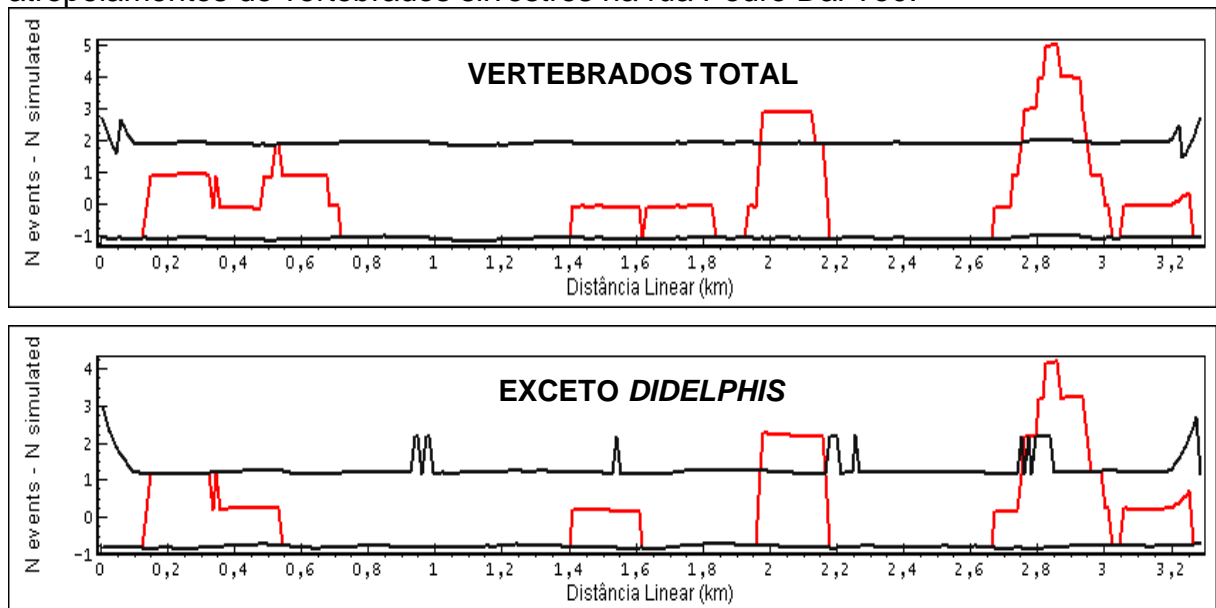
| Classes de Uso e Cobertura | Área (ha) | Área (%) |
|-----------------------------------|------------------|-----------------|
| Florestal | 28,20 | 19,5 |
| Agricultura | 1,82 | 1,3 |
| Área construída | 43,09 | 29,9 |
| Área descoberta | 5,73 | 4,0 |
| Pastagem | 57,23 | 39,7 |
| Corpos d'água | 2,40 | 1,7 |
| Caminho percorrido | 5,84 | 4,0 |
| Total | 144,32 | 100 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Quando aplicado o teste K de Ripley, identificou-se a existência de agrupamentos significativos para os dados totais de vertebrados assim como com a exclusão de *Didelphis* (Apêndices F e G). Cabe aqui destacar que para os grupos aves e mamíferos não foram realizados o teste, por não possuírem registro de mais de 10 indivíduos para ambas classes.

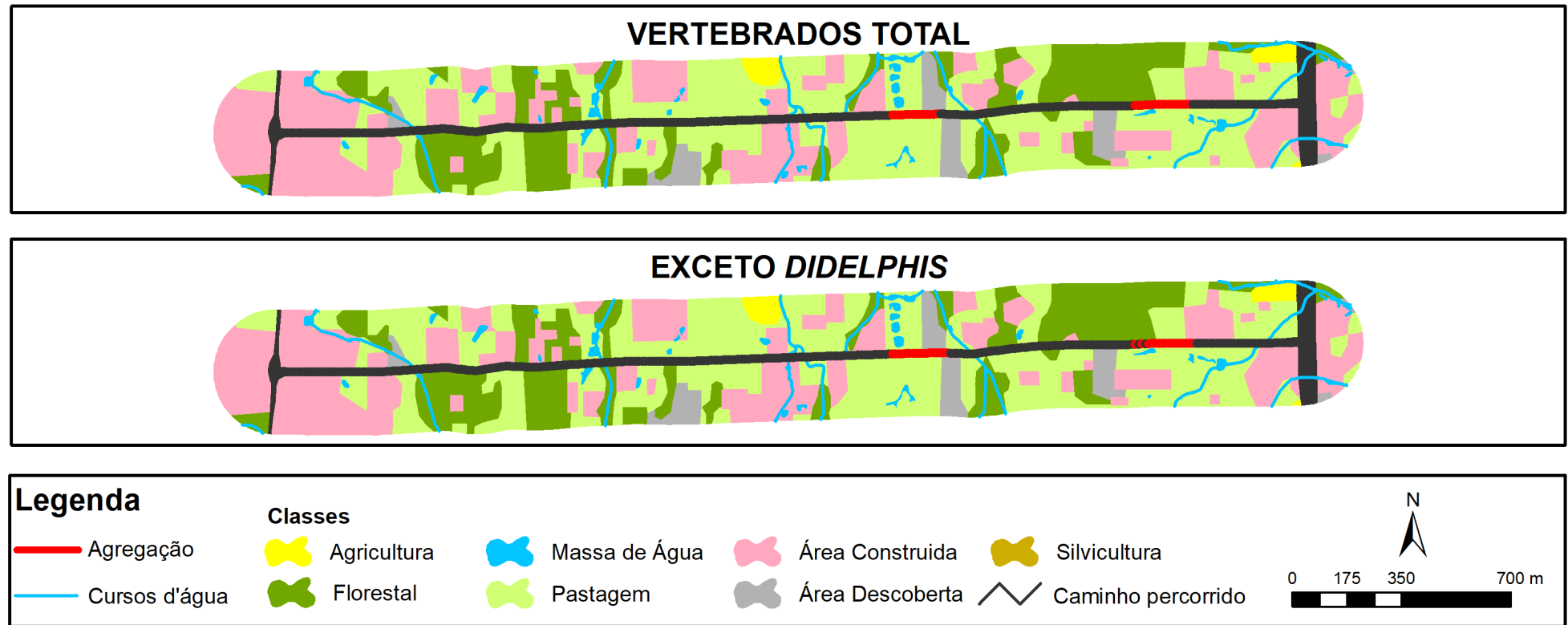
Na Pedro Dal Toé foram encontrados dois locais de agregação para os grupos analisados (Figura 15). Para os dados totais de vertebrados e com a retirada de *Didelphis* os *hotspots* localizaram-se nos quilômetros 1,9 a 2,1; e; 2,7 a 3,0. No primeiro *hotspot* há predominância de pastagens enquanto o segundo é cercado por fragmento florestal na extremidade de ambos lados da rodovia (Figura 16).

Figura 15 – Teste 2D *hotspot* evidenciando locais com agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres na rua Pedro Dal Toé.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 16 - Locais de agregação de atropelamentos de vertebrados silvestres e as classes de uso e cobertura da terra mapeadas para a área de *buffer* da rua Pedro Dal Toé.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

5.4.5 Rodovia Governador Aristides Bolan (Via Rápida)

De acordo com o mapeamento do uso e cobertura da terra realizado para a Via Rápida (Tabela 10), a classe predominante na área é agricultura (27,3%), seguido de área descoberta (22,2%) e florestal (18,6%) essa última composta por 26 fragmentos florestais.

Tabela 10 – Distribuição do Uso e Cobertura da Terra na rodovia Aristides Bolan (Via Rápida) (*Buffer* de 200 m de raio).

| Classes de Uso e Cobertura | Área (ha) | Área (%) |
|----------------------------|-----------|----------|
| Florestal | 56,25 | 18,6 |
| Agricultura | 82,32 | 27,3 |
| Área construída | 21,38 | 7,1 |
| Área descoberta | 67,04 | 22,2 |
| Pastagem | 25,99 | 8,6 |
| Corpos d'água | 1,28 | 0,4 |
| Silvicultura | 4,69 | 1,6 |
| Caminho percorrido | 43,09 | 14,3 |
| Total | 302,04 | 100 |

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Em relação ao teste K de Ripley realizado para a Via Rápida, todos se apresentaram acima do limite de confiança, indicando assim a existência de agrupamentos significativos, conforme Apêndices F, G, H e I.

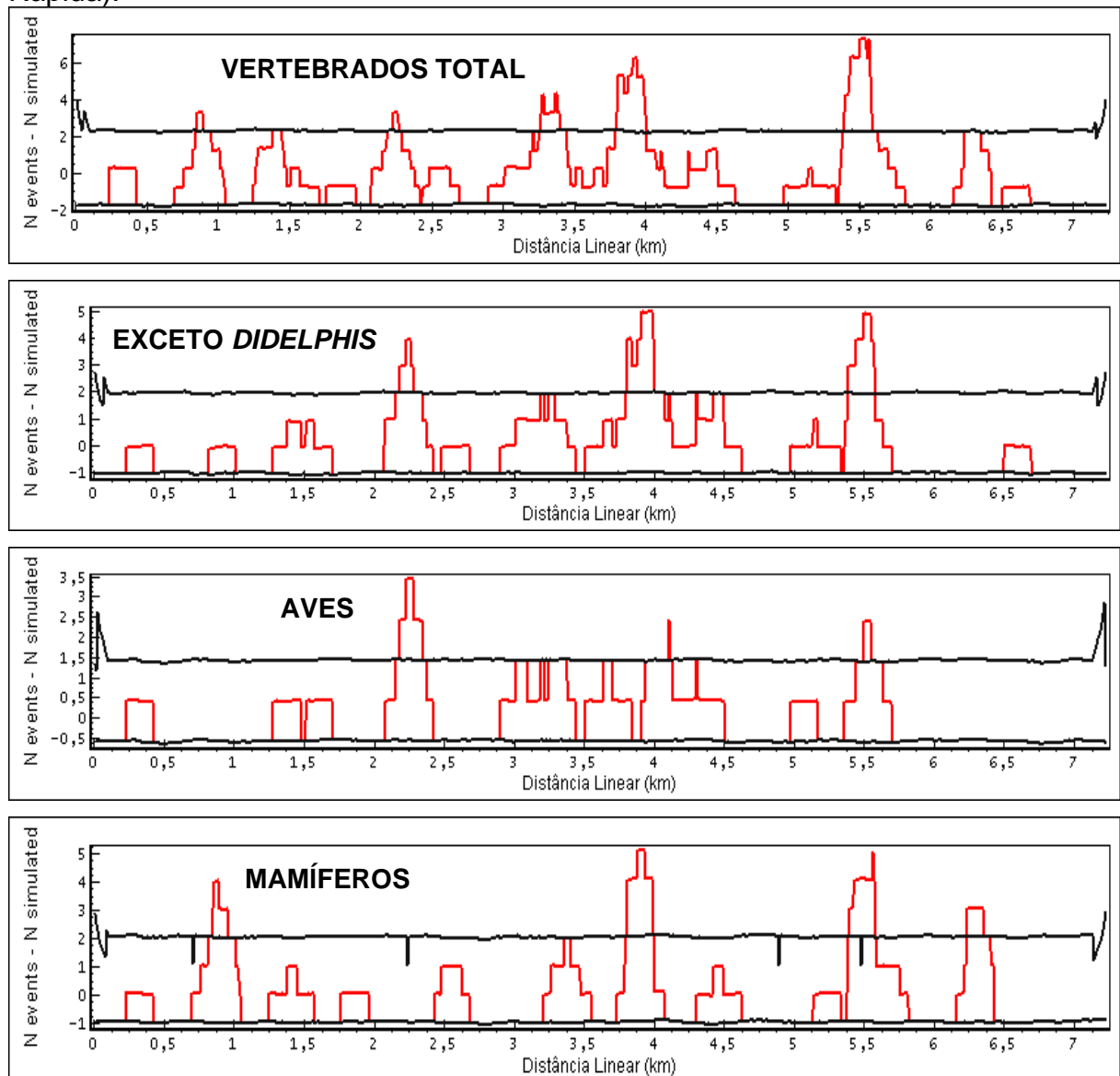
Foram encontrados cinco *hotspots* de atropelamentos para análise dos dados totais de vertebrados atropelados onde os maiores locais de concentrações de atropelamentos foram nos quilômetros 2,9 a 3,5; e; 3,7 a 4,2 e; 5,4 a 5,9 (Figura 17). Com a retirada de *Didelphis*, os quilômetros 2,9 a 3,5, deixou de ser *hotspots* e 3,7 a 4,2; e; 5,4 a 5,9 se mantiveram no mesmo padrão. Os quilômetros 2,0 a 2,4 passaram a ser mais significativos com a retirada do Gênero.

Para aves o padrão dos quilômetros 2,0 a 2,4 apresentou maior intensidade ainda quando comparadas as análises dos dados totais de vertebrados e da retirada de *Didelphis*, podendo demonstrar assim que esse poderia estar mascarando os *hotspots* de outros grupos. Quanto aos mamíferos, os quilômetros 0,7 a 1,0 e 6,2 a 6,5 apresentaram maior intensidade se comparada a análise dos

outros grupos, o contrário foi analisado nos quilômetros 2,9 a 3,5 que sofreu redução na intensidade de agregação não se configurando mais como *hotspot*.

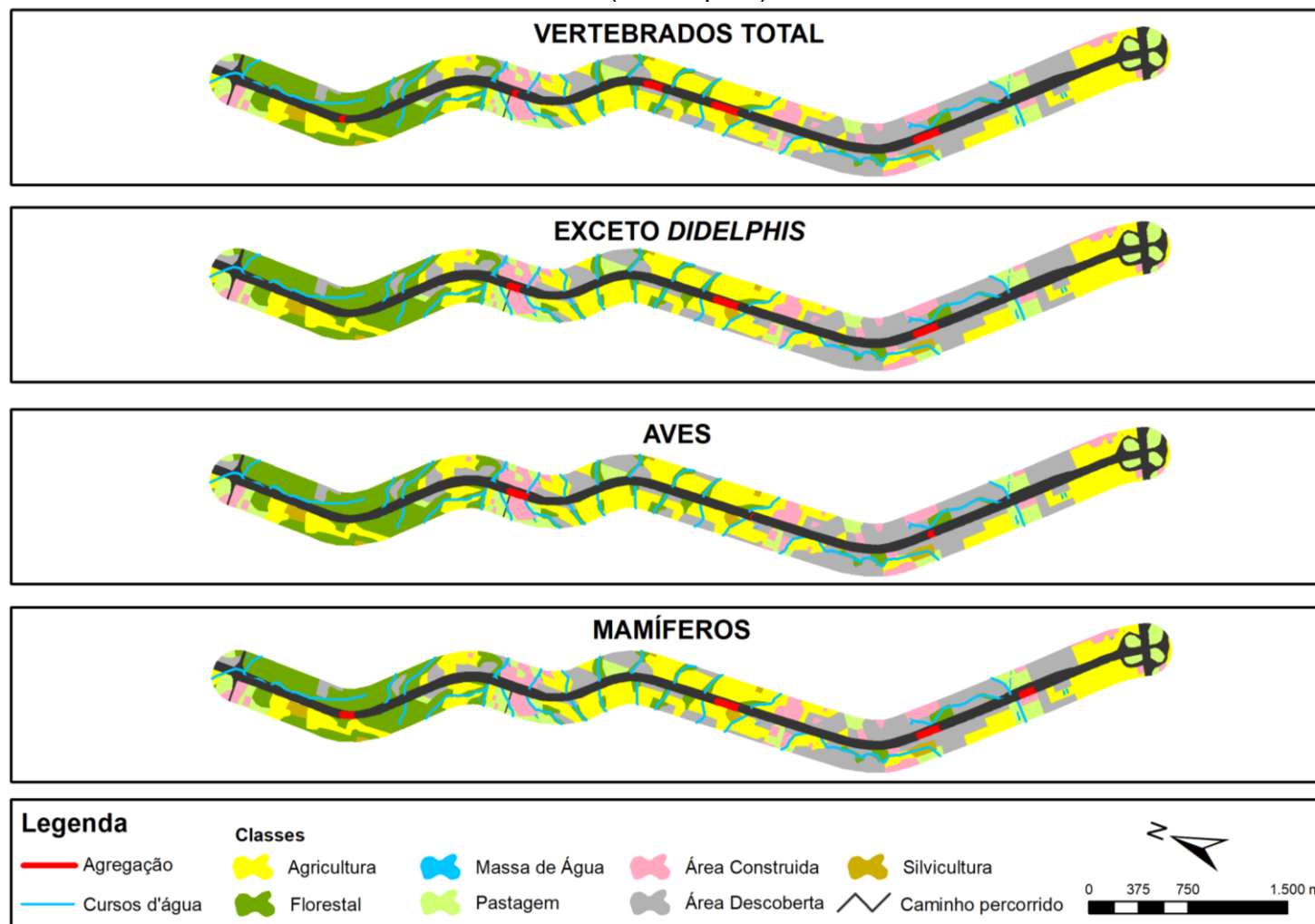
A paisagem do entorno dos *hotspots* para os quilômetros 2,9 a 3,5; e; 3,7 a 4,2; e 5,4 a 5,9 é constituída principalmente por agricultura e presença de fragmento florestal, enquanto os quilômetros 2,0 a 2,4 tem predominância de área urbana. Nos quilômetros 0,7 a 1,0 a rodovia corta o fragmento florestal e tem-se a presença de atividade de agricultura, enquanto nos quilômetros 6,2 a 6,5 a paisagem é composta por pastagens e área construída (Figura 18).

Figura 17 – Teste 2D *hotspot* evidenciando locais com agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres na rodovia Governador Aristides Bolan (Via Rápida).



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 18 - Locais de agregação de atropelamentos de vertebrados silvestres e as classes de uso e cobertura da terra mapeadas para a área de *buffer* da rodovia Governador Aristides Bolan (Via Rápida).



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

5.4.6 Rodovias Alexandre Beloli e Antônio Darós

Nas rodovias Alexandre Beloli e Antônio Darós a classe predominante encontrada no mapeamento de uso e cobertura da terra (Tabela 11) foi área construída (34,8%) e pastagens (31,6%). A cobertura florestal presente na área é de 13,4% representada por 33 fragmentos florestais.

Tabela 11 – Distribuição das classes de uso e cobertura da terra na área de buffer das rodovias Alexandre Beloli e Antônio Darós.

| Classes de Uso e Cobertura | Área (ha) | Área (%) |
|-----------------------------------|------------------|-----------------|
| Florestal | 32,73 | 13,4 |
| Agricultura | 12,77 | 5,2 |
| Área construída | 85,35 | 34,8 |
| Área descoberta | 17,10 | 7,0 |
| Pastagem | 77,44 | 31,6 |
| Corpos d'água | 5,32 | 2,2 |
| Silvicultura | 2,26 | 0,9 |
| Caminho percorrido | 12,06 | 4,9 |
| Total | 245,03 | 100 |

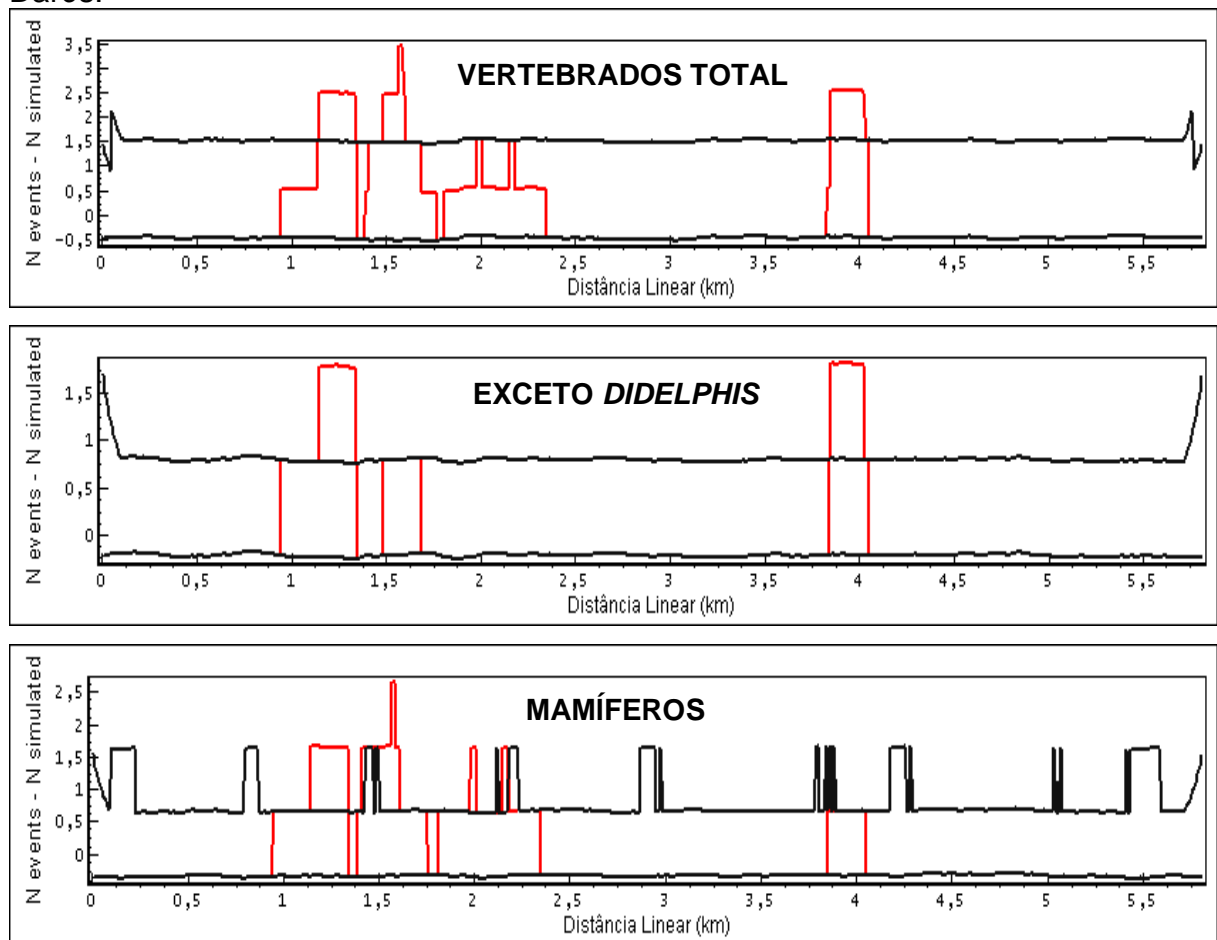
Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A partir do teste K de Ripley foi possível identificar agrupamentos significativos para os dados totais de vertebrados, sem *Didelphis* e mamíferos (Apêndices F, G e I). Ressaltando que o teste não foi aplicado para aves pois o número de indivíduos foi inferior a 10.

Os *hotspots* analisados indicaram três locais de agregação (Figura 19) encontrados nos quilômetros 0,9 a 1,3; e; 1,4 a 1,7; e 3,8 a 4,0 para os dados totais de vertebrados. Com a retirada de *Didelphis* os *hotspots* dos quilômetros 0,9 a 1,3; e; 3,8 a 4,0, passaram a ter maior grau de intensidade, enquanto aqueles dos quilômetros 1,4 a 1,7 diminuíram e permaneceram abaixo do limite de confiança. Para mamíferos não houve existência de *hotspots* nos quilômetros 3,8 a 4,0, e nos quilômetros 0,9 a 1,3 e 1,4 a 1,7, além de dois novos entre os quilômetros 2,0 e 2,5. Estes dois últimos não estiveram presentes nas outras análises, somente no limite do intervalo de confiança nos dados totais de vertebrados.

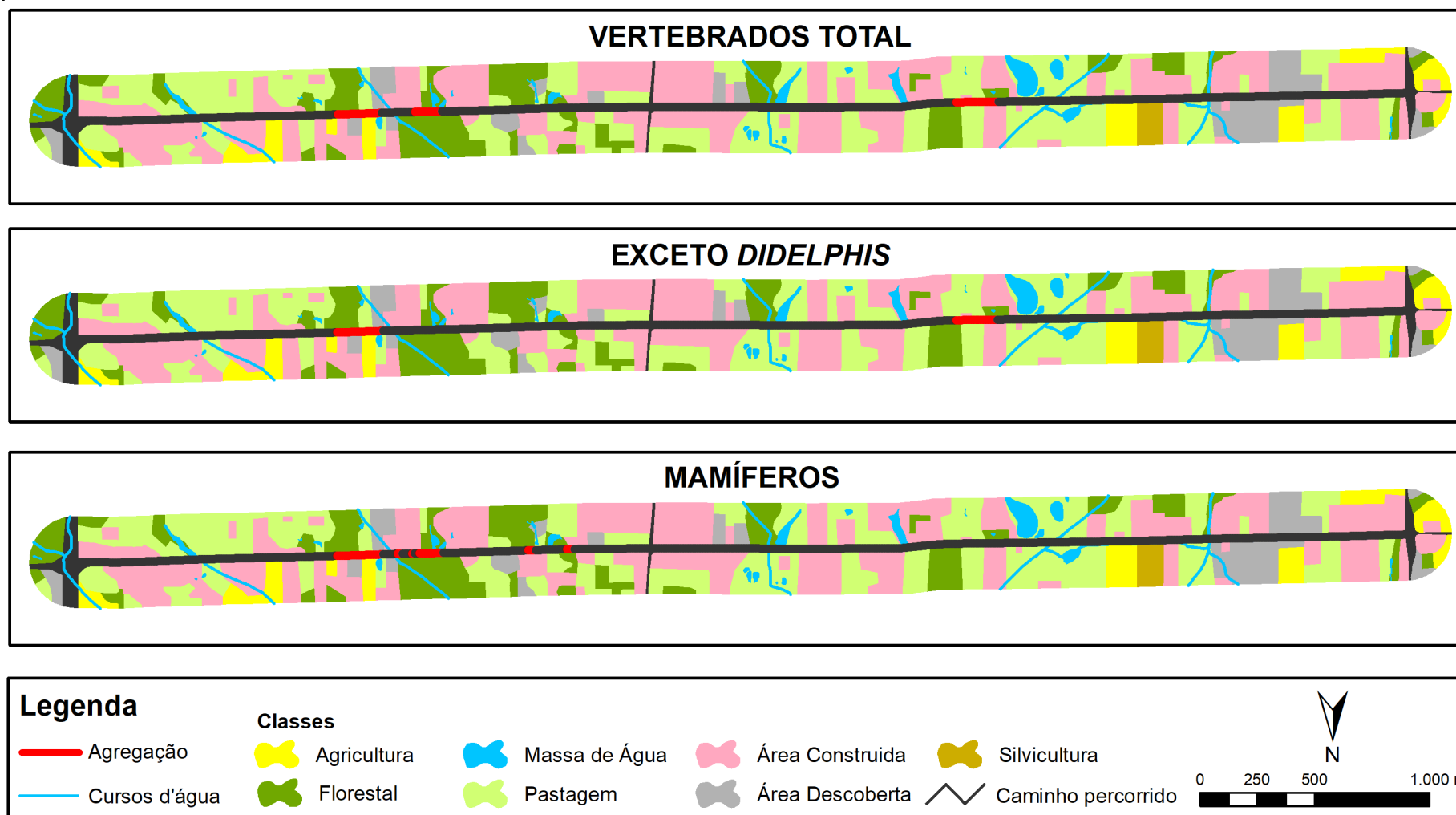
A matriz do entorno nesses *hotspots* de maneira geral é composta por área construída, fragmentos florestais e agricultura. Nos quilômetros 1,4 a 1,7; e; 2,0 a 2,5 a rodovias corta um fragmento florestal (Figura 20).

Figura 19 – Teste 2D *hotspot* evidenciando locais com agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres nas rodovias Alexandre Beloli e Antônio Darós.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Figura 20 - Locais de agregação de atropelamentos de vertebrados silvestres e as classes de uso e cobertura da terra mapeadas para a área de *buffer* das rodovias Alexandre Beloli e Antônio Darós.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

6 DISCUSSÃO

O número de carcaças registradas e a riqueza encontrada neste estudo foram inferiores a outros trabalhos desenvolvidos para o Sul do Brasil (p. ex: TEIXEIRA; KINDEL, 2012; SILVA *et al.*, 2013; MATTIA, 2016), devido a um menor esforço amostral para esse estudo. Apesar disso, a riqueza registrada foi superior ao estudo com maior esforço amostral desenvolvido por Zocche *et al.* (no prelo), que encontrou 31 espécies. Alguns fatores podem ser responsáveis por tais divergências, visto que cada estudo comporta características específicas, como o método de amostragem (veículo e velocidade do monitoramento, espaço de tempo entre as amostragens, número de observadores, esforço amostral, etc.) (TEIXEIRA *et al.*, 2013; CARVALHO, 2014; MATTIA, 2016; ZANETTI, 2016). Outros fatores podem influenciar os resultados dos estudos, tais como paisagem de entorno, características das infraestruturas viárias (velocidade e fluxo de veículos, número de pistas, presença/ausência de acostamento, etc.), entre outros (FORMAN; ALEXANDER, 1998; LAURANCE *et al.*, 2009; TEIXEIRA *et al.*, 2013; CUNHA *et al.*, 2015; CARVALHO, 2014; SANTOS *et al.*, 2015; MATTIA, 2016).

Para contornar tal situação, alguns autores recomendam o uso de taxas de atropelamentos (BAGER *et al.*, 2012), portanto, estudos referentes ao tema trazem taxas em diferentes unidades, tornando difícil a comparação ou ainda a ausência de informação sobre os resultados e o esforço amostral despendido (CHEREM *et al.*, 2007). Nesse contexto Bager *et al.* (2012), ressaltam a importância na aplicação de unidades de espaço e tempo para cálculo de taxas como: N/km/dia, N/km/ano. Diversos estudos no Brasil têm encontrado diferentes taxas de atropelamentos: 0,082 ind/km/dia (ROSA; MAUHS, 2004), 0,13 ind/km/dia (MELO; SANTOS-FILHO, 2007), 0,078 ind/km/dia (TURCI; BERNARDE, 2009), 0,059 ind/km/dia (CARVALHO, 2014). Diante do exposto a taxa de atropelamentos encontrada para o presente estudo foi superior aos trabalhos desenvolvidos em outras regiões do Brasil. Assim como para aqueles desenvolvidos para a região sul de Santa Catarina (p. ex: TEIXEIRA; KINDEL, 2012; SILVA *et al.*, 2013; MATTIA, 2016; ZOCHE *et al.*, no prelo). Apesar dos trabalhos realizados para a região sul de Santa Catarina terem apresentado menor taxa de atropelamento, esses obtiveram maior número de carcaças registradas, tal fato pode estar relacionado ao tamanho da extensão viária percorrida. Os autores Bager *et al.* (2012) explicam que

amostragens realizadas em trechos de menor extensão possuem maior taxa de atropelamentos, devido a seleção dos trechos serem direcionadas pelo conhecimento prévio da elevada ocorrência de tal impacto. Isto explica a taxa de atropelamento da Pedro Dal Toé, a qual apresentou a maior taxa (0,26 ind/km/dia) entre as rodovias, sendo a menor em extensão (3,2 km).

Quanto a abundância dos vertebrados silvestres atropelados, mamíferos e aves foram os grupos mais registrados quando comparados a anuros, lagartos e serpentes e tartaruga. A maior riqueza foi para aves e a maior abundância para mamíferos. Estudos na região sul do Brasil também verificaram o mesmo padrão (ROSA; MAUHS, 2004; DORNELES *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2013; MATTIA, 2016; ZOCHE, *et al.*, no prelo).

O maior número de espécies registradas para aves neste estudo, pode ser decorrente da diversidade encontrada no grupo (SICK, 1997). Outro fator influente pode estar relacionado a composição paisagística presente na área. Assim como, os aspectos das espécies encontradas, onde, de forma geral se apresentaram tolerantes aos efeitos da fragmentação de habitats, são sinantrópicas e apresentam características de voo baixo e lento (SICK, 1997), ocupação de diferentes estratos vegetais, forrageamento sobre ou próximo a pista tornando-se mais suscetíveis as colisões com veículos (CLEVENGER *et al.*, 2003; MATTIA, 2016). Conforme Rosa; Mauhs (2004), uma das principais causas do maior número de aves registradas nos estudos relacionadas a temática, são as proporções da vegetação do tipo arbórea-arbustiva nas margens das rodovias, vindo do pressuposto que parte da área antes florestal foi convertida para usos agrossilvipastoris, como consequência diminuindo a área de pouso para avifauna. A ordem passeriformes foi a mais registrada no estudo, e ainda assim, o número de indivíduos pode ter sido subestimado, principalmente pelo tamanho corporal, ou ainda, pela facilidade na remoção da carcaça (MELO; SANTOS-FILHO, 2007). Nesse mesmo sentido, ainda cabe abordar que dados apresentados pelo CBEE (2019), mostram que a fauna com maior número de atropelamentos são pequenos vertebrados (90%), médio porte (9%) e grande porte apenas 1%, demonstrando como os dados coletados são subestimados.

O maior número de mamíferos atropelados pode estar relacionado ao hábito noturno que grande parte das espécies possuem, o uso de faróis dos veículos acaba provocando confusão visual nestes animais provocando a colisão ou ainda a

permanência da carcaça desses animais, que geralmente são maiores e acabam ficando por mais tempo na via, dificultando a retirada por animais carniceiros e veículos e, portanto, são mais registrados em comparação com animais de menor porte (ZANETTI, 2016).

No presente levantamento, as três espécies mais abundantes foram *D. albiventris*, *P. domesticus* e *R. icterica*. Em um compilado de 26 publicações realizado por Grilo *et al.* (2018), foram elencadas as cinco espécies mais atropeladas dos estudos revisados, sendo que, duas (*D. albiventris* e *R. icterica*) corroboram os resultados deste estudo.

Dentro do Gênero *Didelphis*, duas espécies ocorrem no estado de Santa Catarina, sendo elas *D. albiventris* e *D. aurita* (CHEREM *et al.*, 2004). Para o presente estudo foram registrados 63 indivíduos do Gênero, desses 14 pertencem a espécie *D. albiventris*, enquanto o restante (n = 49) foram categorizados apenas em nível de Gênero, devido ao estado de conservação das carcaças dessa forma o que dificultou a identificação. De modo geral, o *D. albiventris* é considerado uma espécie mais tolerante a ambientes antropizados quando comparados a *D. aurita*, fator que pode explicar a maior abundância do mesmo em beiras de rodovias (DORNELLES, 2015). A frequência de atropelamentos da espécie, vem ao encontro de estudos realizados para a região sul do Brasil (p. ex: ROSA; MAUHS, 2004; CHEREM *et al.*, 2007; DELAZERI *et al.*, 2011; MATTIA, 2016; GRILO *et al.*, 2018; ZOCHE *et al.*, no prelo).

Indivíduos de *P. domesticus* (n = 13) segunda espécie mais abundante neste estudo, são comuns em ambientes mais urbanizados, além disso pode ser considerada como espécie residente anual, ou seja, ocorre durante todo o ano (BELTON, 1993). Um trabalho desenvolvido por Rosa (2009) demonstrou que 25% das carcaças da espécie foram encontradas em área urbana, o que corrobora nossos resultados, onde a espécie foi comumente encontrada nas rodovias com características de entorno urbana. Em trabalho realizado por Steil; Dupont (2014), tal espécie foi a que apresentou maior representatividade.

A terceira espécie mais registrada foi *R. icterica* (n = 10), é categorizada como generalista, cujo período de maior atividade é noturno e os espécimes são normalmente avistados em locais com iluminação, onde geralmente se tem a presença de insetos para sua alimentação (LEMA; MARTINS, 2011). Estudos

desenvolvidos por Teixeira; Kindel (2012); Dorneles *et. al* (2012) e Mattia (2016) também registraram *R. icterica* como uma das espécies mais encontradas.

A relação de similaridade apresentada entre as rodovias Luiz Rosso e Pedro Dal Toé parece estar mais relacionada aos aspectos paisagísticos do entorno dessas rodovias onde ambas apresentam predominância de pastagem e área construída. As espécies encontradas em ambas, comumente são encontradas em ambientes antropizados. Destacando a proximidade de extensa área de cultivo de banana próximo a essas rodovias, podendo indicar que a fauna presente na região compartilha da mesma área como recurso alimentar. Outro fator que pode estar relacionado é a velocidade permitida ao longo das rodovias e à presença de redutores de velocidade como lombadas. A similaridade entre a BR 101 e Via Rápida pode estar associada à características como velocidade de tráfego permitida e quantidade de pistas de rodagem. O uso e cobertura da terra também pode exercer tal influência, visto que grande parte da matriz é recoberta por atividades de agricultura.

Com relação a influência das variáveis climáticas outros trabalhos também não encontraram diferença estatisticamente significativa nos atropelamentos de vertebrados silvestres com as taxas de atropelamentos (MILLI; PASSAMANI, 2006; HENGEMUHLE; CADEMARTORI, 2008; CUNHA *et al.*, 2010; CARVALHO; 2014).

Em relação ao mapeamento da área de estudo, foi possível identificar a predominância de florestas, que apesar de ocuparem a maior proporção da APA e entorno das rodovias, se encontram bastante fragmentada, principalmente por ações antrópicas como atividades de agricultura e pastagens. Um trabalho desenvolvido para a Área de Proteção Ambiental Morro Albino e Esteves por Spillere (2015), já havia encontrado o mesmo padrão de distribuição do uso e cobertura da terra. Ainda segundo o mesmo autor, nesse local grande parte da cobertura vegetal florestal apresenta uma elevada proporção de fragmentos conectados entre si, contribuindo assim para conservação da biodiversidade da APA.

Apesar da quantificação e conhecimento das espécies da fauna silvestre afetadas por colisões com veículos serem importantes (CLEVENGER *et al.*, 2003), é necessário analisar os locais com maiores intensidades de atropelamentos, que podem ser afetados por diferentes fatores como por exemplo a composição paisagística de áreas próximas as rodovias (FORMAN; ALEXANDER, 1998;

TROMBULAK; FRISSELL, 2000; SEILER, 2001; CLEVINGER; CHRUSZEZ, GUNSON, 2002; ZANETTI, 2016).

No Brasil, a análise da paisagem e os atropelamentos de vertebrados silvestres vem sendo abordados em diversos estudos, trazendo consigo análises robustas com padrões de agregação de atropelamentos em locais com predominância de cobertura florestal e próximos a recursos hídricos (FORMAN; ALEXANDER, 1998; CLEVINGER *et al.*, 2003; TEIXEIRA *et al.*, 2013; CARVALHO, 2014; SANTOS *et al.*, 2015; ZANETTI, 2016; ZOCHE, *et al.*, no prelo). Dentre algumas vantagens do entendimento dos padrões de agregação, pode se citar principalmente a eficácia na implantação de medidas mitigadoras (SANTOS *et al.*, 2017; ASCENSÃO *et al.*, 2017).

Para o presente estudo, considerando os dados totais de vertebrados para cada rodovia de estudo, os locais de agregação apresentaram variação de dois a sete pontos de agregação. A Rodovia Governador Jorge Lacerda apresentou a maior quantidade de locais de agregação e a Rua Pedro Dal Toé com menor número de locais. Todas apresentaram locais de agregação quando relacionados aos dados totais de vertebrados e com a retirada de *Didelphis*. Em relação aos outros grupos analisados (aves e mamíferos), as rodovias Governador Jorge Lacerda e Governador Aristides Bolan (Via Rápida), apresentaram locais de agregação para ambos os grupos. A BR 101 não apresentou agregação para aves, mas sim para mamíferos, enquanto Luiz Rosso não apresentou agregação para ambos os grupos. Foram encontrados *hotspots* nas rodovias Alexandre Beloli e Antônio Darós apenas para mamíferos, ressaltando que para aves não foi realizado teste, em decorrência do baixo número de indivíduos encontrados para o grupo. O mesmo aconteceu para Pedro Dal Toé, que apresentou menos que 10 indivíduos para cada grupo, não sendo aplicado teste.

Em se tratando da composição paisagística no entorno dos *hotspots*, foi constatado para as rodovias diferentes tipos de paisagem, mas de maneira geral esses locais sempre se concentravam próximos a corpos d'água (cursos e massas d'água) e fragmentos florestais (em alguns casos cortados pela rodovia). Áreas com atividades de agricultura também foram frequentemente associadas aos *hotspots*, assim como área construída, geralmente decorrente dos animais com maiores tolerâncias a áreas mais alteradas e presença humana.

Nenhuma das espécies encontradas no presente levantamento se encontra nas listas de *espécies ameaçadas de extinção*, contudo é importante levantamentos adicionais, a fim de identificar os animais frequentemente atropelados, pois esses podem estar sofrendo reduções em suas populações para a região.

7 CONCLUSÃO

Este é um dos primeiros estudos realizados se tratando do atropelamento de animais silvestres nas rodovias que contornam e cortam uma unidade de conservação no município de Criciúma.

Embora os números aqui mostrados tenham sido inferiores a outros levantamentos realizados para a região sul de Santa Catarina, o esforço amostral também foi menor, enquanto a taxa se apresentou superior. Para efeito de comparação, é necessário levar em consideração diferentes fatores como a metodologia adotada e a área de estudo. Neste contexto, torna-se difícil estabelecer uma comparação adequada.

Outro ponto a ser destacado é a importância não somente da quantificação e conhecimento das espécies que sofrem os impactos nas rodovias, mas também do entendimento da distribuição desses atropelamentos, a fim de identificar os locais propensos ao maior número de colisões com veículos.

Por fim, os resultados mostrados neste estudo são importantes, pois, são capazes de subsidiar políticas de gestão destas rodovias, de maneira que possam diminuir os atropelamentos da fauna silvestre da região, contribuindo assim com a conservação da biodiversidade.

REFERÊNCIAS

- ABRA, F. **Monitoramento e avaliação das passagens inferiores de fauna presentes na rodovia SP-225 no município de Brotas, São Paulo**. 2012. Universidade de São Paulo, 2012.
- ALVARES, C.A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, vol. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- AMENT R. *et al.* An assessment of Road Impacts on Wildlife Populations in U.S. National Parks. **Environmental Management**. vol. 42, n. 3, 2008.
- ASCENSÃO, F. *et al.* Spatial patterns of road mortality of medium and large mammals in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Wildlife Research**, v. 44, n. 2, p. 135-146, 2017.
- BAGER A. **Ecologia de Estradas: tendências e pesquisas**. Lavras: UFLA, 2012, p. 179-192.
- BAGER, A. *et al.* **Fauna selvagem e atropelamento - diagnóstico do conhecimento brasileiro**.
- BAGER, A. *et al.* Os Caminhos da Conservação da Biodiversidade Brasileira frente aos Impactos da Infraestrutura Viária. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 75–86, 2016.
- BAGER, A.; FONTOURA, V. Ecologia de estradas no Brasil – Contexto histórico e perspectivas futuras. In: BAGER, A. **Ecologia de Estradas, tendências e perspectivas**. Lavras, MG: UFLA, 2012. p. 13-34.
- BAGER, A. *et al.* Fauna selvagem e atropelamento – Diagnóstico do conhecimento brasileiro. In: BAGER, A. (Ed.) **Áreas Protegidas – Repensando as escalas de atuação**. Porto Alegre: Armazem Digital, 2007. p.49-62
- BALKENHOL, N., WAITS, L.P. DEZZANI, R.J. Statistical Approaches in Landscape Genetics: An Evaluation of Methods for Linking Landscape And Genetic Data. **Ecography**, v. 32, p. 818-830, 2009.
- BANDEIRA, C.; FLORIANO, E. Avaliação de impacto ambiental de rodovias. **Caderno Didático**, v. 8, n. 1, p. 16, 2004.
- BELTON, W.; DUNNING, J. **Aves silvestres do Rio Grande do Sul**. 3. ed. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 1993, 174 p.
- BONNET, X. *et al.* The dangers of leaving home: dispersal and mortality in snakes. **Biological Conservation**, v. 89, p. 39-50, 1999.
- BUENO, C.; ALMEIDA, P. J. A. L. de. Sazonalidade de atropelamentos e os padrões de movimentos em mamíferos na BR-040 (Rio de Janeiro-Juiz de Fora). **Revista Brasileira de Zoociências**, Juiz de Fora, v. 12, n. 3, p. 219-226, 2010.

CANEVARI, M.; VACCARO, O. **Guia de mamíferos del sur de América del Sur**. 1.ed., Buenos Aires: L.O.L.A, 2007. 424 p.

CARO, T.M. *et al.* Frequency of medium-sized mammal road kills in an agricultural landscape in California. **American Midland Naturalist**, v. 144, p. 362-369, 2000.

CARVALHO, C. F. **Atropelamento De Vertebrados, Hotspots De Atropelamentos E Parâmetros Associados, BR-050, Trecho Uberlândia-Uberaba**. 2014. Universidade Federal de Uberlândia - UFU, 2014.

CBEE. Centro Brasileiro de estudos em ecologia de estradas. Coordenador Alex Bager. 2017. Disponível em <http://cbee.ufra.br/portal/index.php>. Acesso em: 04 jun. 2019.

CHEREM, J. J. *et al.* Lista dos mamíferos do Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. **Mastozoología Neotropical**, v.11, n. 2, p. 151-184, 2004.

CHEREM, J.J. *et al.* Mamíferos de médio e grande porte atropelados em rodovias do Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. **Biotemas**, v. 20, n. 2, p. 81-96, 2007.

CLEVENGER, A.P. *et al.* Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. **Biological Conservation**, v. 109, p. 15-26, 2003.

COELHO, A.V.P. *et al.* Siriema: road mortality software. **Manual do usuário v 2.0**. Porto Alegre: NERF, UFRGS, 2014. Disponível em: www.ufrgs.br/siriema. Acesso em: 01 set. 2019.

COELHO, I.P.; KINDEL, A.; COELHO, A.V.P. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. **European Journal of Wildlife Research**, v. 54, p. 689- 699, 2008.

CONSEMA. Conselho Estadual do Meio Ambiente de Santa Catarina. Resolução CONSEMA nº 002, de 06 de dezembro de 2011. Reconhece a Lista Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Estado de Santa Catarina e dá outras providências. **Diário Oficial, SC**, nº 19.237, de 20 dez. 2011, p. 2-8.

COSTA, H.C.; BERNÉLIS, R.S. Répteis do Brasil e suas Unidades Federativas: Lista de espécies. **Herpetologia Brasileira SBH**, v. 7, n. 1, p. 11-57, 2018.

COTTAM, C. 1931. Birds and motor cars in South Dakota. **The Wilson Bulletin December** 1931, p.313-314

CRESSIE N. A.C. **Statistics for Spatial Data**. Revised Edition. John Wiley & Sons, New York. 1993

CRICIÚMA (Município). Lei nº 2459, de 08 de junho de 1990. Cria no município de Criciúma Área de Proteção Ambiental e dá outras providências. **Lex**. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/c/criciuma/lei-ordinaria/1990/246/2459/lei-ordinaria-n-2459-1990-cria-no-municipio-de-criciuma-area-de-protecao-ambiental-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 11 jul. 2019.

DAJOZ, R. **Ecologia geral**. 4ª. ed. Petrópolis: Vozes, 1983. 472p.

DE LA PEÑA, M.R.; RUMBOLL, M. **Collins illustrated checklist Birds of southern South America and Antarctica**. London: Harper Collins Publishers, 1998, 304 p.

DEIQUES, C.H. *et al.* **Guia ilustrado – Anfíbios e répteis do Parque Nacional de Aparados da Serra Rio Grande do Sul, Santa Catarina – Brasil**. Pelotas: USEB, 2007. 120 p.

DELAZERI, N.R. *et al.* Monitoramento dos atropelamentos de anfíbios, répteis, aves e mamíferos nas rodovias ERS-030, ERS-389 e ERS-786, sul do Brasil. In: Road Ecology Brasil, 2011. **Anais do Road Ecology Brasil**. Lavras do Sul, MG: UFLA, 2011. p. 191-192.

DORNELLES, S. S. *et al.* Mortalidade de vertebrados na rodovia BR-101, no sul do Brasil. In BAGER A. **Ecologia de Estradas: tendências e pesquisas**. Lavras: UFLA, 2012, p. 179-192.

DORNELLES, S. S. **Impactos da duplicação de rodovias: variação da mortalidade de fauna na BR 101 Sul**. 2015. Universidade Federal de São Carlos, 2015.

EMMONS, L.H.; FEER, F. **Neotropical rainforest mammals: a field guide**. 2. ed. Chicago, Illinois, USA: University of Chicago Press, 1997. 396 p.

FISCHER, W. **Efeitos da rodovia BR-262 na mortalidade de vertebrados silvestres: Síntese naturalística para a conservação da região do Pantanal, MS**. 1997. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 1997.

FONSECA, V. S. C. **Análise dos pontos críticos de atropelamento de animais em rodovias operadas por uma concessionária na região nordeste do Estado de São Paulo e recomendação de medidas mitigadoras**. 2014. Universidade de São Paulo, 2014.

FORMAN, R. T. T. ; ALEXANDER, L. E. Roads and Their Major Ecological Effects. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 29, n. 1998, p. 207–231, 1998.

FORMAN, R.T.T. *et al.* **Road ecology: science and solutions**. Washington, D.C.: Island Press, 2003. 481 p.

FORMAN, R.T.T.; DEBLINGER, R.D. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. **Conservation Biology**, v.1, n. 14, p. 36-46, 2000.

FREITAS, M. De.; SANTOS-SILVA, T.F. **Guia ilustrado – Animais venenosos e peçonhentos no Brasil**. Pelotas: USEB, 2006. 156 p.

FREITAS, M.A. De. **Serpentes brasileiras**. Bahia: Lauro de Freitas, 2003. 160 p.

GLISTA, D.J. *et al.* A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. **Landscape and Urban Planning**, v. 91, n. 1, p. 1-7, 2009.

GRILO, C. A rede viária e a fauna – impactos, mitigação e implicações para a conservação das espécies em Portugal. In: BAGER, A. **Ecologia de Estradas: tendências e perspectivas**. Lavras: UFLA, 2012, p. 35-58.

GRILO, C. *et al.* BRAZIL ROAD-KILL: a data set of wildlife terrestrial vertebrate road-kills. **Ecology**, v. 99, n. 11, p. 2625, 2018.

GUIMARÃES, J. F. **Hotspots de atropelamentos e a influência da paisagem na sobrevivência de mamíferos de médio e grande porte em uma área do cerrado mineiro**. 2017. Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

HORN, H.S. 1966. Measurement of “overlap” in comparative ecological studies. **The American Naturalist**, 100:419–424.

HUIJSER, M. P. *et al.* Cost-benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with large ungulates in the Unites States and Canada: a decision support tool. **Ecology and Society**, 14(2), 15, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3.ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2.ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2012.

IUCN. International Union for Conservation of Nature. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2019-1. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso 04 nov. 2019.

IZECKSOHN, E.; CARVALHO-E-SILVA, S.P. De. **Anfíbios do município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2001. 148 p.

KOMAREK, E.V.; WRIGHT, E.G. 1929. Bird casualties on the highways. **The Wilson Bulletin June** 1929, p.106.

LAURANCE, W.F. *et al.* Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 24, n. 12, p. 659-669, 2009.

LEMA, T.; MARTINS, L.A. **Anfíbios do Rio Grande do Sul: catálogo, diagnoses, distribuição, iconografia**. Porto Alegre, RS: EDIPUCRS, 2011. 196 p.

LIMA, S. F.; OBARA, A. T. **Levantamento de animais silvestres atropelados na BR-277 às margens do Parque Nacional do Iguaçu: Subsídios ao Programa multidisciplinar de proteção à fauna**. 2004.

LOEBMANN, D. **Guia ilustrado – Os anfíbios da região costeira do extremo sul do Brasil**. Pelotas: USEB, 2005. 76 p.

MATTIA, D. L. de. **Atropelamentos de vertebrados silvestres em rodovias de Extremo Sul e do Planalto Sul Catarinense**. 2016. 111 p. Dissertação (Mestrado

em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-graduação em Ciência Ambientais, Criciúma, 2016.

MATTIA, D. L.; CARVALHO, F.; ZOCHE, J. J. Wild bird affected by roadkills on highways in the southern of Santa Catarina State, Brazil, due to seasonality. In: I Congresso Ibero americano de biodiversidade e infraestrutura viária & IV Congresso de ecologia de estradas, 2016. **Anais do Congresso Ibero americano de biodiversidade e infraestrutura viária & IV Congresso de ecologia de estradas.** Lavras, MG: UFLA, 2017. p. 51-53.

MAZEROLLE, M.J. Amphibian road mortality in response to nightly variations in traffic intensity. **Herpetologica**, v. 60, n. 1, p. 45-53, 2004.

MELO, E. S.; SANTOS-FILHO, M. Efeitos da BR-070 na Província Serrana de Cáceres, Mato Grosso, sobre a comunidade de vertebrados silvestres. v. 9, n. 2, p. 185–192, 2007.

MMA. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Portaria n. 444, de 17 de dezembro de 2014.** Lista nacional oficial de espécies da fauna ameaçadas de extinção. 2014.

NOVELLI, R.; TAKASE, E.; CASTRO, V. Estudo das aves mortas por atropelamento em um trecho da rodovia BR-471, entre os distritos da Quinta e Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 5, n. 3, p. 441–454, 1988.

PAGLIA, A.P. *et al.* Lista anotada dos mamíferos do Brasil. 2nd edition. **Occasional Papers in Conservation Biology**, v. 6, p. 1–76, 2012.

PERZ, S. G. *et al.* Unofficial road building in the Brazilian Amazon: Dilemmas and models for road governance. **Environmental Conservation**, v. 34, n. 2, p. 112–121, 2007.

PIACENTINI, V.Q. *et al.* Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee / Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 23, p. 91-298, 2015.

PRADA, C. D. S. **Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos.** 2004. Universidade Federal de São Carlos, 2004.

RICHARD, K.; WALLACE, JR. 1981. An Assessment of Diet-Overlap Indexes. **Transactions of the American Fisheries Society**, 110:72–76.

RIPLEY B. D. 1981. Spatial Statistics. John Wiley & Sons, New York.

ROEDENBECK, I. A.; *et al.* The Rauschholzhausen agenda for road ecology. **Ecology and Society**, v. 12, n. 1, 2007.

ROSA, A.O.; MAUHS, J. Atropelamento de animais silvestres na rodovia RS – 040. **Caderno de Pesquisa Série Biologia**, v. 16, n. 1, p. 35-42, 2004.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. 2. ed. São Paulo: 2013, 2008.

SANTA CATARINA. SDS - **Secretaria de Desenvolvimento Sustentável**. Trecho de massa d'água. 2012. Disponível em: <http://sigsc.sds.sc.gov.br/>. Acesso em: 30 mai. 2019.

SANTOS, A. L. P. G.; ROSA, C. A.; BAGER, A. Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG-354, Sul de Minas Gerais – Brasil. **Biotemas**, v. 25, n. 1, p. 73-74, mar. 2012.

SANTOS, R.A.L. *et al.* Assessing the consistency of hotspot and hot-moment patterns of wildlife road mortality over time. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, p. 56-60, 2017.

SANTOS, S.M. *et al.* Sampling effects on the identification of roadkill hotspots: Implications for survey design. **Journal of Environmental Management**, v. 162, p. 87-95, 2015.

SEGALA, M.V. *et al.* Brazilian Amphibians: List of species. **Herpetologia Brasileira**, v.5, n. 2, p. 1-13, 2016.

SEILER, A. Ecological Effects of Roads, A review. **Grimsö Wildlife Research Station, Dept. of Conservation Biology, University of Agricultural Sciences**, v. 9, n. March, p. 40, 2001.

SEILER, A. Predicting locations of moose vehicle collisions in Sweden. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, Inglaterra, v. 42, n. 2, p. 371-372, abr. 2005.

SICK, H. **Ornitologia brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 912. p.

SILVA, D.E. *et al.* Monitoramento de vertebrados atropelados em dois trechos de rodovias na região central do Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 7, n. 1, p. 27-36, 2013.

SPIKER, C.J. 1927. Feathered victims of the automobile. **The Wilson Bulletin March**, 1927, p.11-12.

SPILERE, D. W. **Análise da paisagem aplicada ao planejamento territorial de unidades de conservação: estudo de caso da Área de Proteção Ambiental do Morro Albino e Esteves**. 2015. Universidade do Extremo Sul Catarinense. 2015.

STEIL, L. G. ; DUPONT, A. Levantamento preliminar da fauna silvestre atropelada na BR-290, entre os km 210 e 214, município de Pântano Grande, RS, Brasil. **XX Seminário de Iniciação Científica**, p. 109, 2014.

TEIXEIRA, F. Z. *et al.* Are road-kill hotspots coincident among different vertebrate groups ? **Oecologia Australis**, v. 17, n. 1, p. 36–47, 2013.

TEIXEIRA, F. Z. **Fauna atropelada: estimativas de mortalidade e identificação de zonas de agregação**. 2011. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

TEIXEIRA, F.Z.; KINDEL, A. Atropelamentos de animais silvestres na rota do sol: como minimizar esse conflito e salvar vidas? In: PRINTES, R.C. (Org.) **Gestão ambiental e negociação de conflitos em unidades de conservação do nordeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CORAG, 2012. p. 75-94.

TROMBULAK, S. C.; FRISSELL, C. A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. **Conservation Biology**, v. 14, n. 1, p. 18–30, 2000.

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE. Parque Científico e Tecnológico. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas. Centro de Pesquisa e Estudos Ambientais. **Elaboração do Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) Morro Albino e Esteves: Produto 5 – Plano de manejo**. Criciúma, SC: CPEA, 2019.

USGS – United States Geological Survey. **Aquisição de imagens dos satélites Sentinel 2, EUA**. Acesso em 20 maio 2019. Disponível em <http://https://earthexplorer.usgs.gov/>.

VAN DER REE, R. *et al.* Effects of Roads and Traffic on Wildlife Populations and Landscape Function: Road Ecology is Moving toward Larger Scales. **Ecology and Society**, v. 16, n. 1, p. 48, 2011.

WEISS, L. P.; VIANNA, V. O. Levantamento do impacto das rodovias BR-376 , BR-373 e BR-277 , trecho de Apucarana a Curitiba , Paraná , no atropelamento de animais silvestres. **UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 18, n. 2, p. 121–133, 2012.

ZANETTI, C. P. **Identificação dos fatores influentes em atropelamentos de mamíferos silvestres na rodovia BR-116, trecho de Guaíba – Pelotas (RS)**. 2016. 93 p. Dissertação (Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais) - Centro Universitário La Salle, Pelotas, 2016.

ZOCHE, J. J. *et al.* Vertebrados silvestres atropelados em rodovias do sul de Santa Catarina, Brasil. **Ed.Unesc**, e-book eletrônico (no prelo).

APÊNDICE(S)

APÊNDICE A – Informações e características das rodovias monitoradas no período de outubro de 2018 a agosto de 2019.

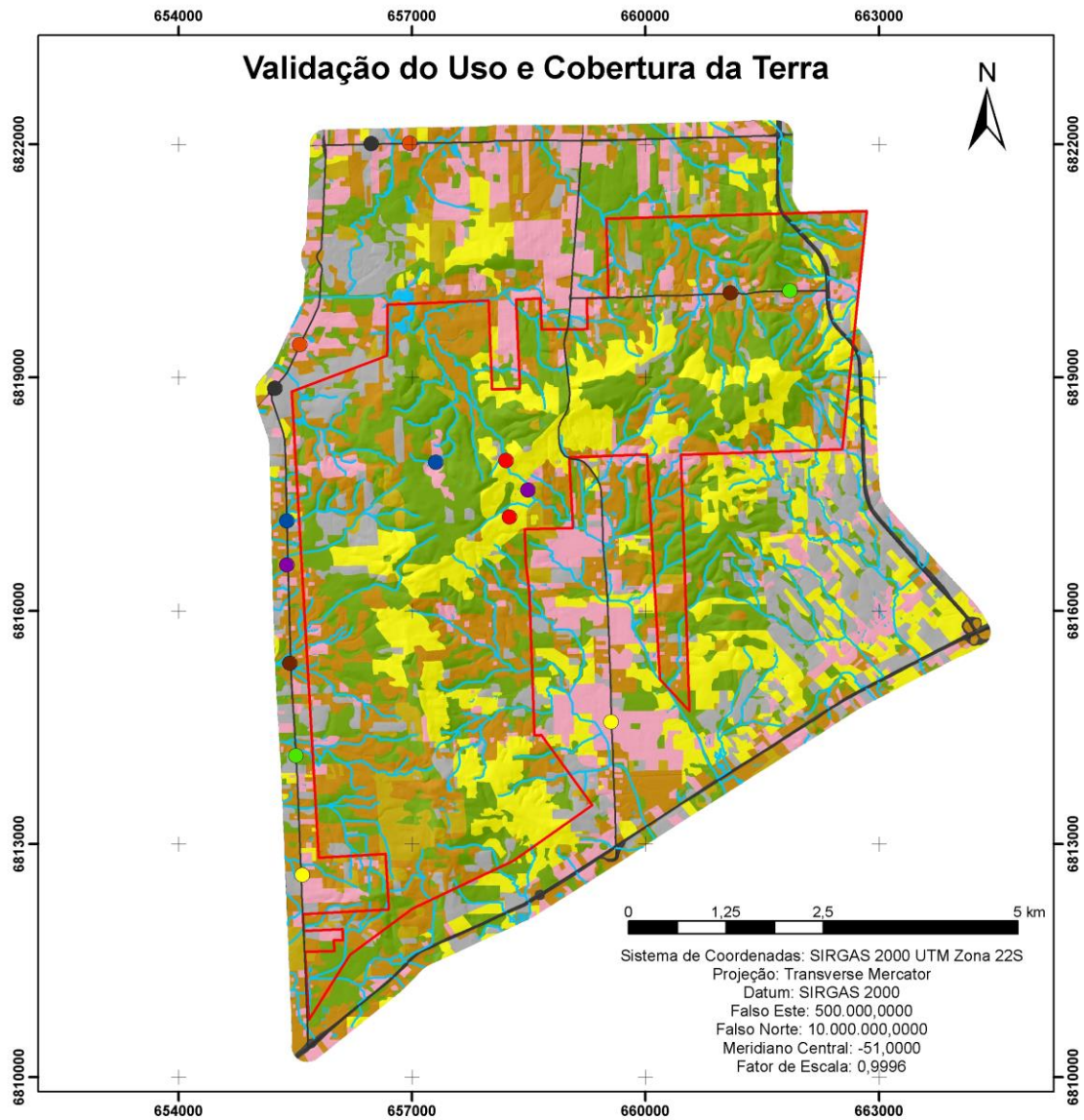
| Rodovias/rua | Município | Competência | Tipo de pista | Acostamento | Velocidade máxima (km/h) | Extensão percorrida (km) | Coordenada (UTM) Inicial e Final Long/Lat | |
|---|----------------|-------------|---------------|-------------|--------------------------|--------------------------|---|-------------------|
| Rodovia Governador Jorge Lacerda | Criciúma | Estadual | Simples | P | 40 a 60 | 11,8 | 655881 6821836 | 655660 6810489 |
| Rodovia Governador Mario Covas (BR-101) | Criciúma/Içara | Federal | Duplicada | P | 110 | 19,9 | 655754 6810456 | 659409 6812818 |
| Rodovia Luiz Rosso | Criciúma | Municipal | Simples | P | 40 a 60 | 9,1 | 659609 6812982 | 659186 6822036 |
| Rua Pedro Dal Toé | Criciúma | Municipal | Simples | P/A | 40 a 60 | 3,2 | 659052 6620020 | 662301 6820127 |
| Rodovia Aristides Bolan (Via Rápida) | Criciúma/Içara | Estadual | Duplicada | P | 110 | 13,9 | 661696 6821873 | 664147 6815883 |
| Rodovia Antonio Darós | Criciúma | Municipal | Simples | P | 40 a 50 | 2,4 | 661614 6822115 | 659210 6822049 |
| Rodovia Alexandre Beloli | Criciúma | Municipal | Simples | P | 40 a 60 | 3,9 | 659166 6822048 | 655892 6821983 |

[illegible]

APÊNDICE C – Registros fotográficos dos vertebrados silvestres atropelados, catalogados durante o período do estudo. Sendo: 1 - Vista geral de um dos trechos estudados, registrando a espécie *Coendou Spinosus*; 2 - *Cerdocyon thous*; 3 - *Didelphis albiventris*; 4 - *Passer domesticus*; 5 – *Artibeus lituratus*; 6 – *Salvator merianae*; 7 – *Rhinella icetrica*; 8 - *Helicops carinicaudus*.



APÊNDICE D – Pontos de validação para do uso e cobertura da terra.



Legenda

Uso da Terra

| | | | | | |
|--|-----------------|--|---------------|--|--------------------|
| | Agricultura | | Florestal | | Curso d'água |
| | Área Construída | | Massa de água | | Caminho Percorrido |
| | Área Descoberta | | Pastagem | | APA |
| | Silvicultura | | | | |

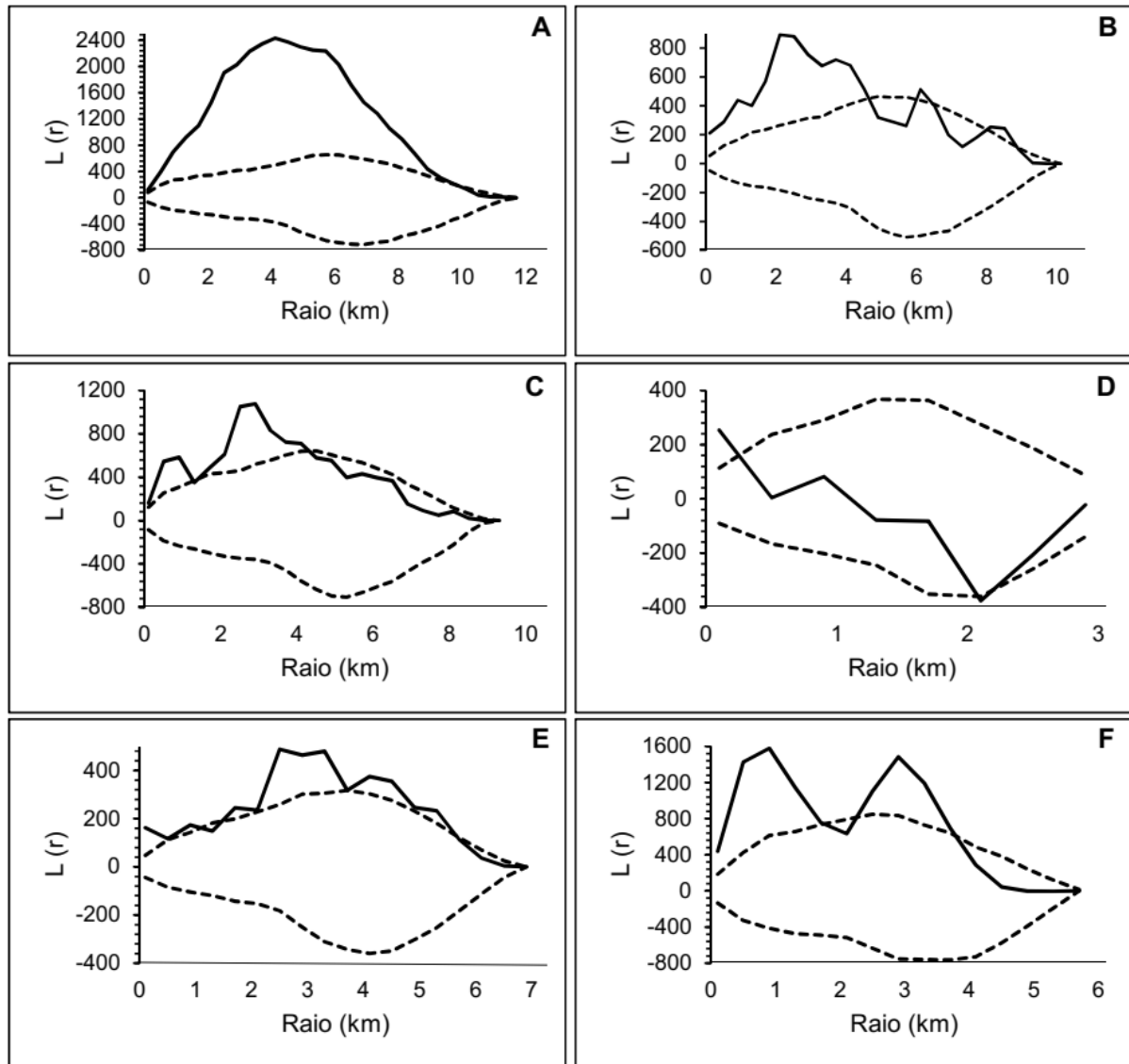
Ponto de Validação

| | | | |
|--|---------------|--|-----------------|
| | Agricultura | | Pastagem |
| | Massa de água | | Silvicultura |
| | Estrada | | Área Descoberta |
| | Florestal | | Área Construída |

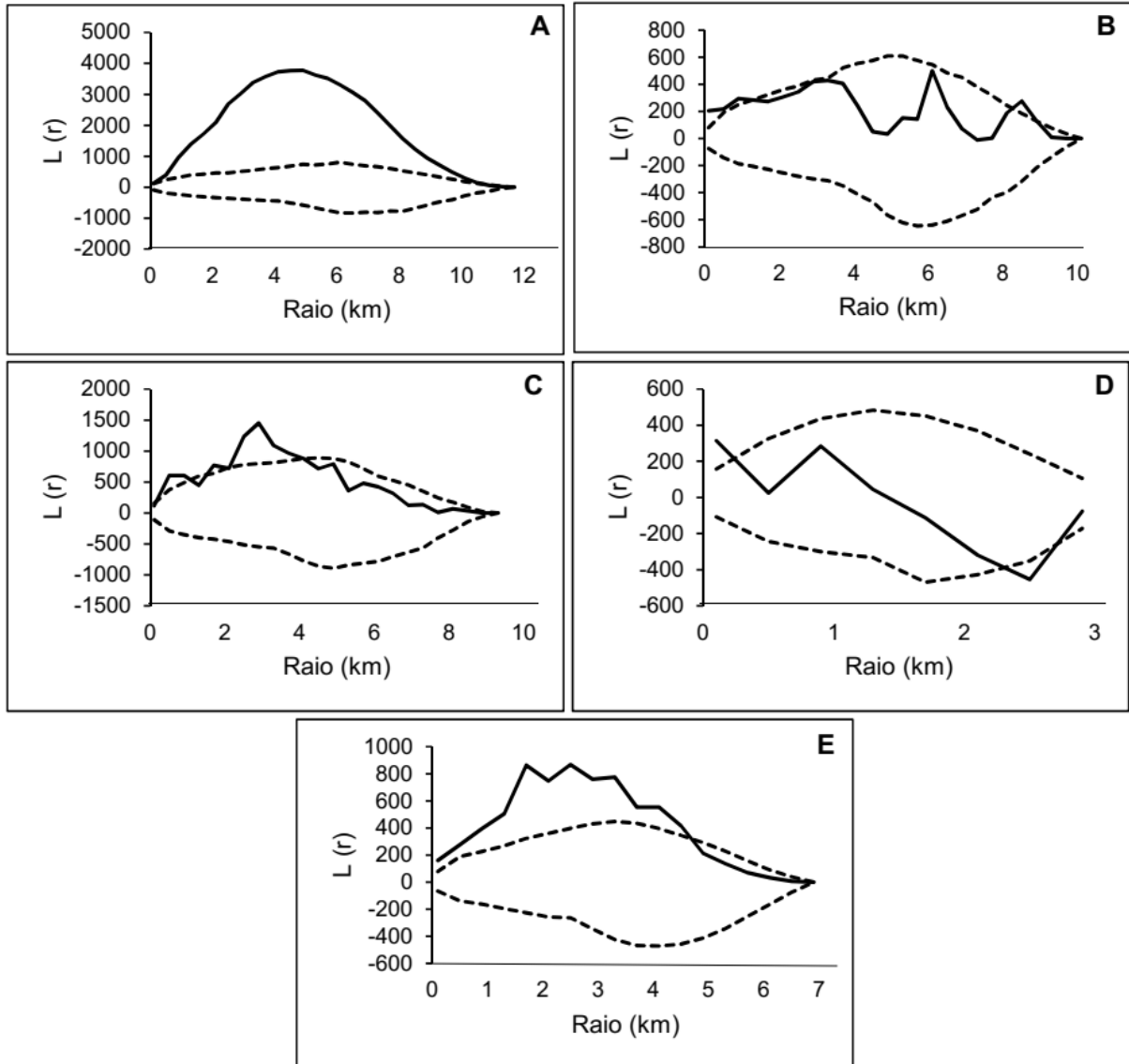
APÊNDICE E – Registros dos pontos de validação para do uso e cobertura da terra, evidenciando as classes: 1 – Agricultura; 2 - Pastagem; 3 - Florestal; 4 – Silvicultura; 5 – Área Descoberta; 6 – Área Construída; 7 – Massa d'água; 8 – Caminho percorrido.



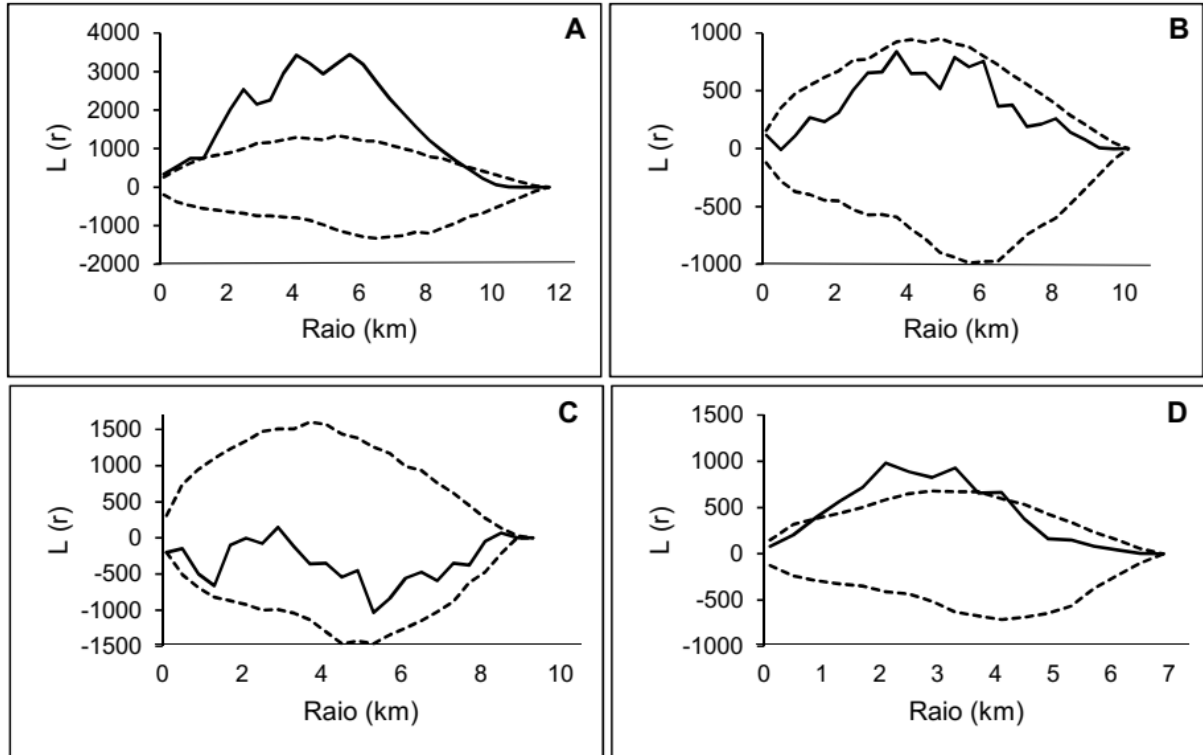
APÊNDICE F – Teste 2D Ripley para análise dos dados totais de atropelamentos em cada rodovia. Sendo: A - Rod. Governador Jorge Lacerda; B – BR-101; C – Rod. Luiz Rosso; D – Rua Pedro Dal Toé; E – Via Rápida; F - Rod. Antônio Darós e Alexandre Beloli.



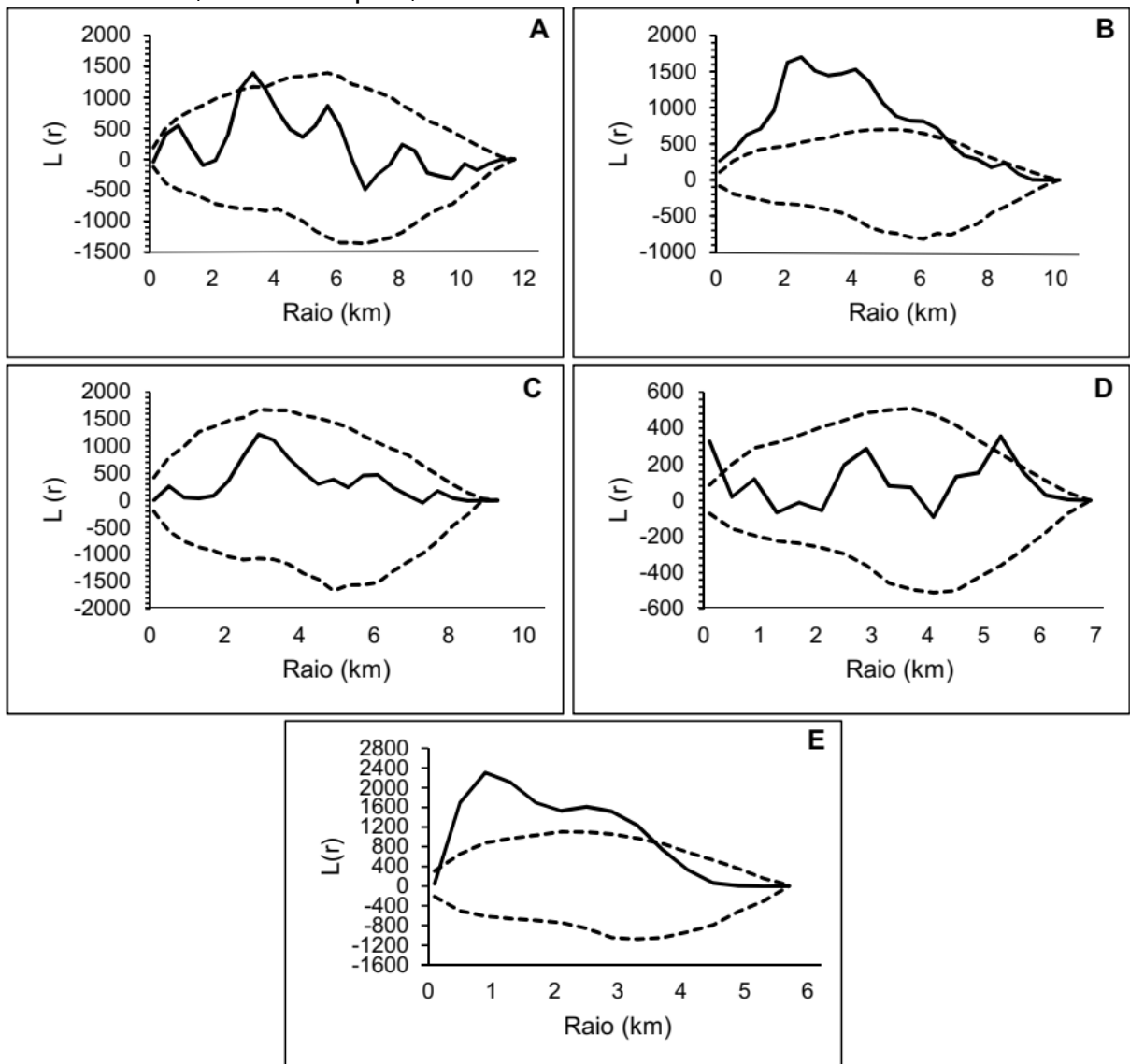
APÊNDICE G – Teste 2D Ripley para análise dos atropelamentos exceto Gênero *Didelphis* para cada rodovia. Sendo: A - Rod. Governador Jorge Lacerda; B – BR-101; C – Rod. Luiz Roso; D – Rua Pedro Dal Toé; E – Via Rápida; F - Rod. Antônio Darós e Alexandre Beloli.



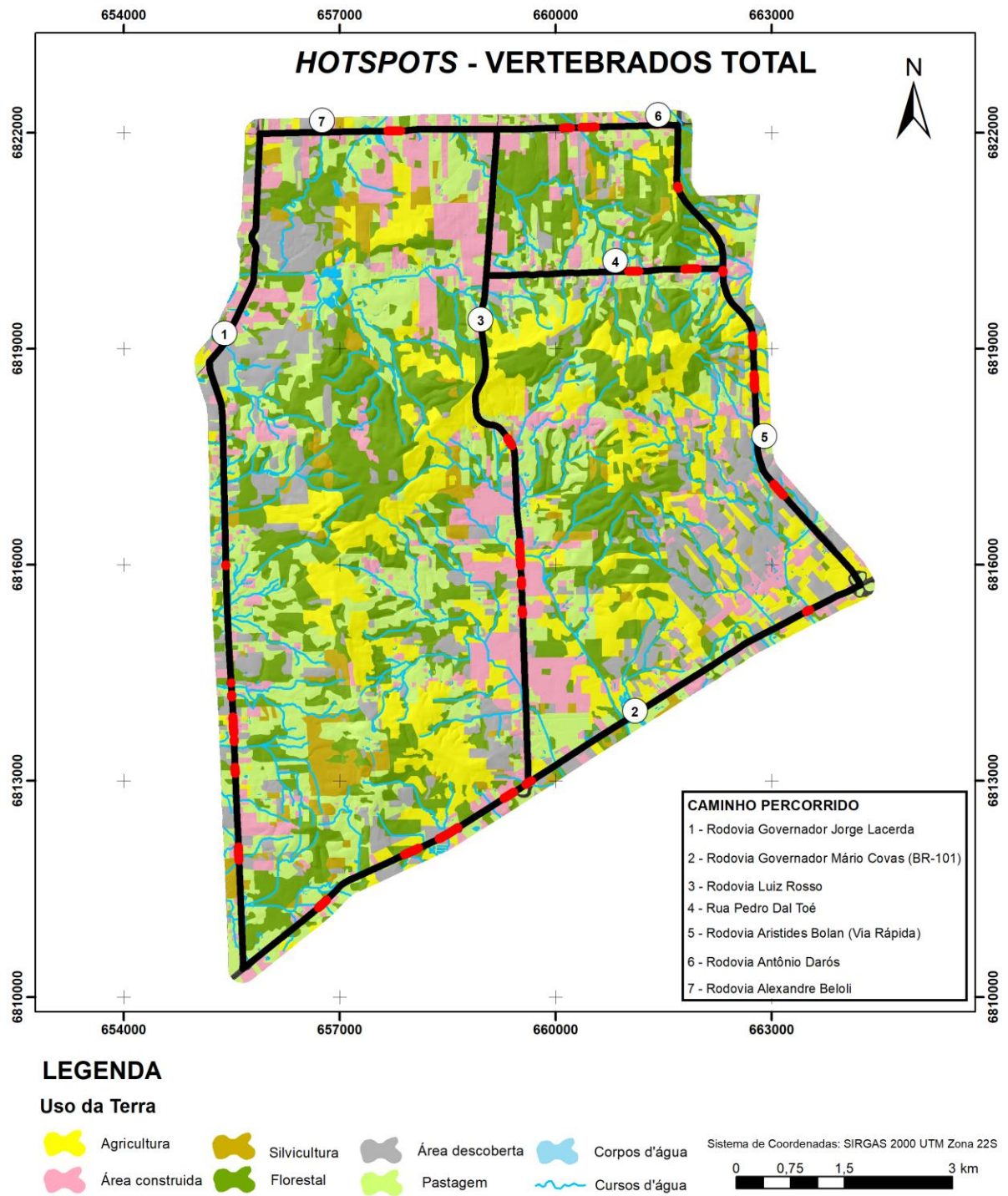
APÊNDICE H – Teste 2D Ripley para análise das aves em cada rodovia, apresentaram Limite superior ao intervalo de confiança. Sendo: A - Rod. Governador Jorge Lacerda; B – BR-101; C – Rod. Luiz Roso; D – Rua Pedro Dal Toé; E – Via Rápida; F - Rod. Antônio Darós e Alexandre Beloli.



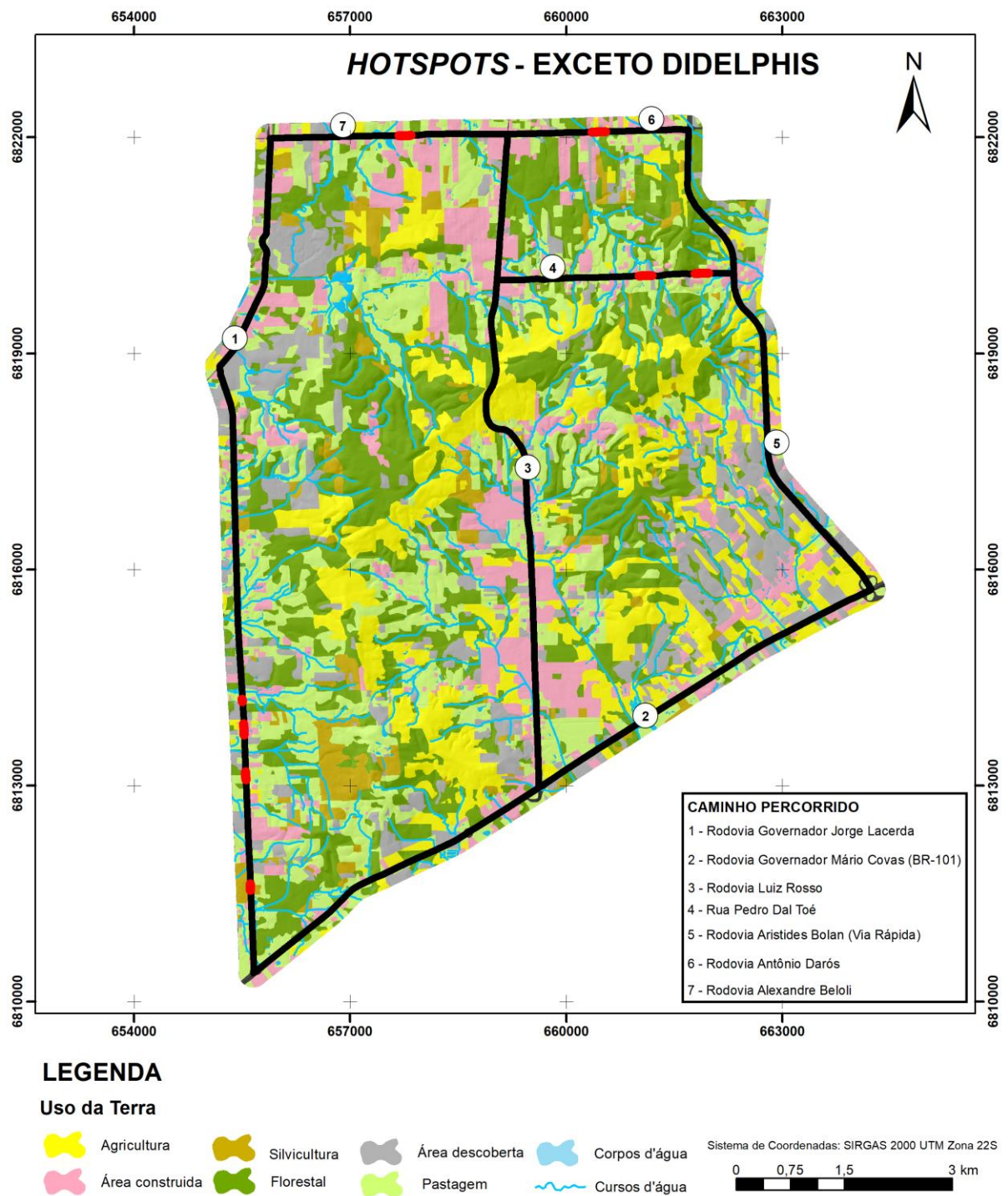
APÊNDICE I – Teste 2D Ripley para análise de mamíferos em cada rodovia. Sendo: A - Rod. Governador Jorge Lacerda; B – BR-101; C – Rod. Luiz Roso; D – Rua Pedro Dal Toé; E – Via Rápida; F - Rod. Antônio Darós e Alexandre Beloli.



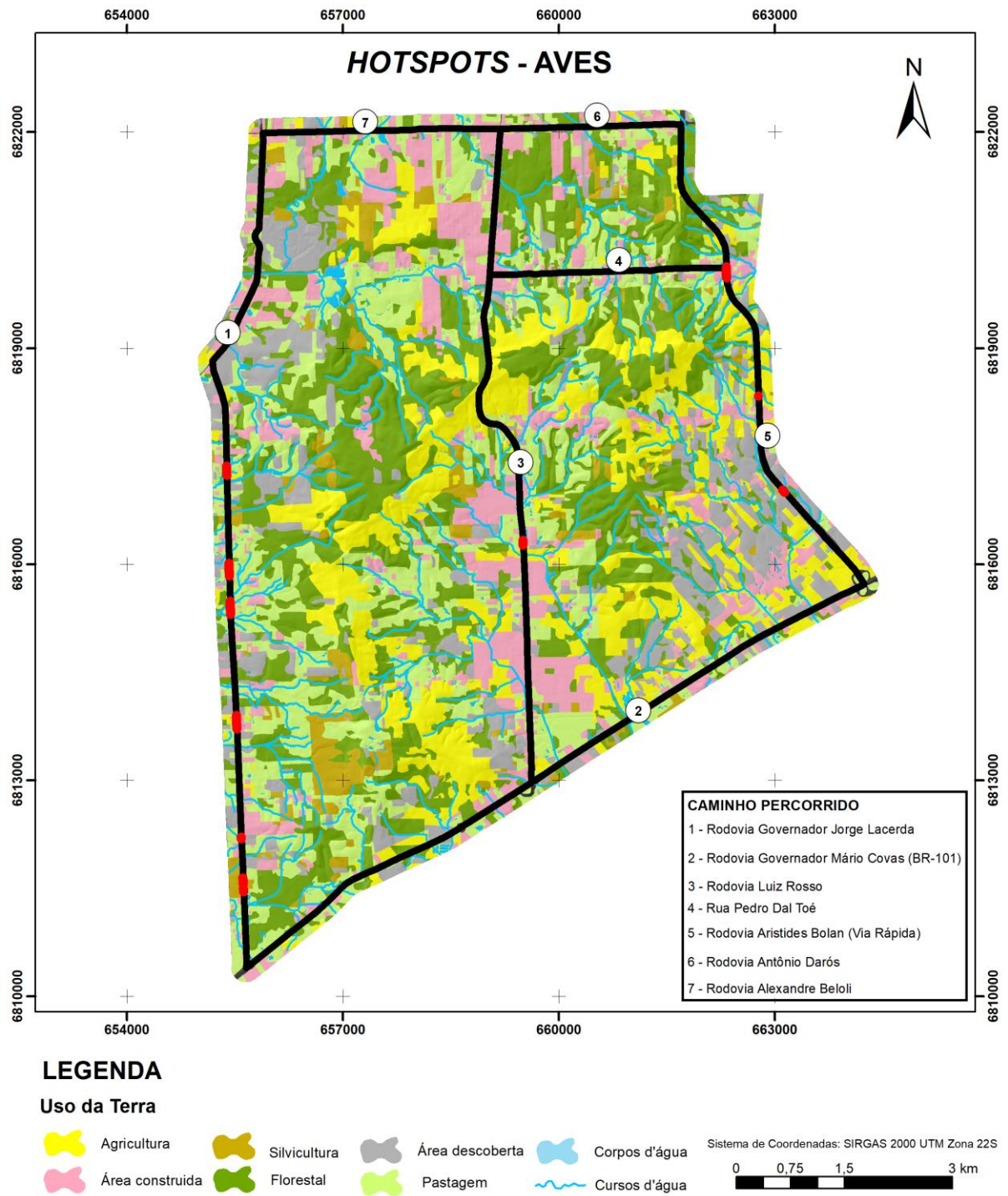
APÊNDICE J – Espacialização dos locais de agregação (*hotspots*) no uso e cobertura da terra para os dados totais de vertebrados.



APÊNDICE K – Espacialização dos locais de agregação (*hotspots*) no uso e cobertura da terra para os dados com exclusão de *Didelphis*.



APÊNDICE L – Espacialização dos locais de agregação (*hotspots*) para aves no uso e cobertura da terra para rodovias que apresentaram agregação.



APÊNDICE M – Espacialização dos locais de agregação (*hotspots*) para mamíferos no uso e cobertura da terra para rodovias que apresentaram agregação.

